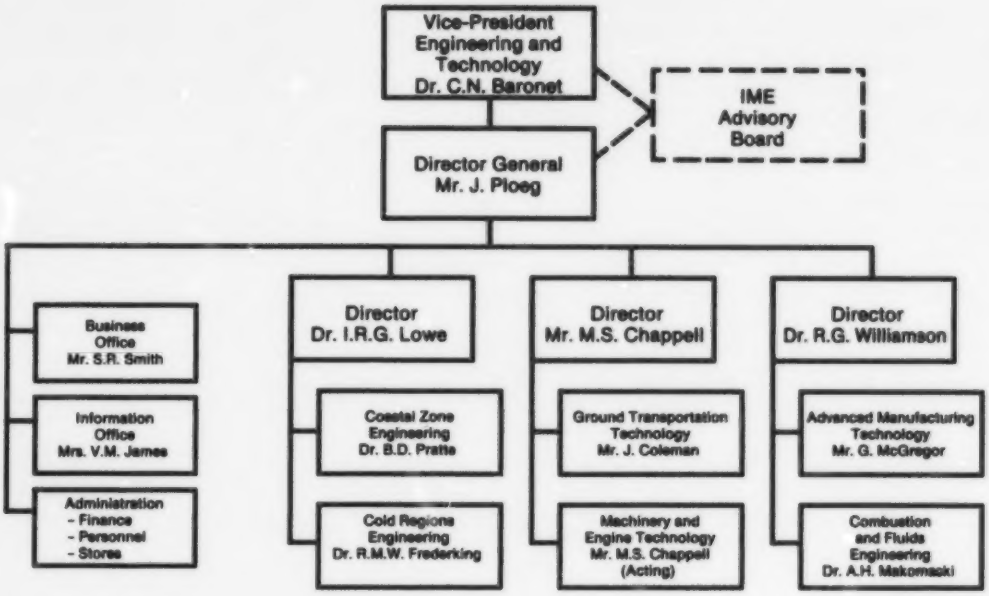
NRC·CNRC

Institute for Mechanical Engineering Annual Report 1990-91

Canada

92-03734/

ORGANIZATIONAL CHART
INSTITUTE FOR MECHANICAL ENGINEERING



1 April 1991

For information please contact

National Research Council Canada
Institute for Mechanical Engineering
J.H. Parkin Building, M-2
Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0R6

Business Office: (613) 993-5802
Information Office: (613) 993-3974
Telefax: (613) 952-6081

Serving Canadians since 1916

Letter from the Director General

In 1991 we celebrated the 75th Anniversary of the National Research Council of Canada. Appropriately, on 1 April 1991 the Institute for Mechanical Engineering completed a restructuring process, which consolidated nine separate laboratories into six research programs. This reorganization was undertaken to better focus IME's R&D activities on a newly-defined mission which emphasizes the importance of applying mechanical engineering technologies to three vital sectors of the Canadian economy: transportation, resources and manufacturing.

The key to ensuring future prosperity is increased productivity and competitiveness of Canadian industry achievable through knowledge and expertise provided by a targeted R&D program. Our theme for the nineties could well be *Engineering R&D for Prosperity*. The Council has set the ambitious goal of doubling, by the year 2000, the total Canadian R&D investment stimulated and sponsored by NRC. IME will play a leading role in this effort through an expanding number of strategic alliances and industrial partnerships and we will continue to develop more effective ways of transferring the technologies developed in our laboratories to industry.

The 1990/91 IME Annual Report, providing brief descriptions of our R&D activities, our resources and our achievements, is but one of the means by which we hope to encourage others to see us as future partners.

J. Ploeg

Contents

IME Organizational Chart ..... Inside cover

Letter from the Director General i

Contents ii

Institute Foreword 1

Advanced Manufacturing Technology 3

Coastal Zone Engineering 5

Cold Regions Engineering 7

Fluid Dynamics and Combustion 9

Gas Turbine Engine Technology 11

Reciprocating Internal Combustion Engine Technology and Fuels 13

Tribology and Mechanics 14

Vehicle Dynamics 15

IME Resource Profile 17

External Interactions 18

Adjunct Professorships 19

Memberships 20

Advisory Board 24

Corporate Message 25

NRC Organizational Chart 26

Institute Foreword

The Institute for Mechanical Engineering (IME) is committed to the *mission* of the National Research Council of Canada to serve the needs of Canadians by helping to maintain and enhance the economic and social well-being of the country.

"The mission of IME is to improve Canada's productivity, competitiveness and environmental and social well-being by undertaking, supporting and promoting research and development in the mechanical engineering aspects of three vital sectors of the Canadian economy – transportation, resource industries and manufacturing".

To achieve this mission, the Institute works in collaboration with industrial, educational, government and other organizations. IME has a strategically focused research program, guided by an industrially led Advisory Board. Within these sectors, the R&D program of IME addresses four issues of national concern – international industrial competitiveness, the environment, energy flexibility and national security. *The mission is achieved by:*

- performing research and development;
- developing, providing and transferring expertise and knowledge;
- establishing and operating major engineering research facilities which are available to collaborators and clients;
- undertaking international liaison and collaborative research activities to acquire global expertise, and to maintain a Canadian presence in worldwide research.

The *objectives* of IME's program of research are specifically aimed at supporting in Canada:

- improvement of vehicles, propulsion systems and transportation-related facilities and services;
- improvements in the design and operation of maritime structures and other coastal engineering works;
- protection of the environment;
- enhancement of energy flexibility;
- advancement of firms engaged in manufacturing and resource extraction;
- related programs of other government departments and agencies.

The effectiveness of the program is assessed on the basis of the quality and relevance of the research activities and related initiatives, and by the degree of satisfaction expressed by collaborators and clients.

An IME Advisory Board was established in 1990-91; it consists of 12 members appointed from senior levels of Canada's industrial, academic and government communities. The Board was created to provide advice on the priorities and the direction of IME's research programs and to review the research work undertaken in IME's laboratories. The Advisory Board reports to the Vice-President, Engineering and Technology. (See page 24 for membership of the IME Advisory Board). The first meeting of the IME Advisory Board was held on 25-26 April 1991.

The organizational structure of the IME, as per 1 April 1991, is shown on the inside front cover. Each of the six research programs has a human resource level of 25 to 45 staff. Each program is divided into a number of subprograms, which in turn contain projects. Projects are sets of related tasks or subprojects in which there are defined objectives, deliverables, resources, time frames, milestones, and accountable project managers.

The year 1990-91 was a year of change and adjustment. We saw a change in name, from Division of Mechanical Engineering to Institute for Mechanical Engineering. More importantly, we agreed on a restructuring of the Institute and consolidated our research activities in mechanical engineering from nine laboratories to six programs. On 1 April 1990 we operated the following laboratories:

- Engine Laboratory
- Fuels and Lubricants Laboratory
- Gas Dynamics Laboratory
- Hydraulics Laboratory
- Low Temperature Laboratory
- Manufacturing Technology Centre
- Systems Laboratory
- Tribology and Mechanics Laboratory
- Vehicle Dynamics Laboratory

The restructuring began in September 1990 with the transfer of half of the resources of the Systems Laboratory to the newly-formed NRC Institute for Information Technology. The remaining resources of the Systems Laboratory were reallocated to the other IME laboratories, the largest proportion going to the Vehicle Dynamics Laboratory.

The restructuring was completed at the end of the year, and on 1 April 1991 we began to operate IME with six research programs:

- Advanced Manufacturing Technology
- Coastal Zone Engineering
- Cold Regions Engineering
- Combustion and Fluids Engineering
- Ground Transportation Technology
- Machinery and Engine Technology

In defining these six programs we have focused our R&D effort in mechanical engineering on a few, carefully-selected areas of strategic, national importance that fully support IME's mission statement.

Significant research progress was made in the laboratories in spite of the many meetings that were necessary to discuss the restructuring and the definition of priorities. The following chapters summarize these achievements. A substantial part of our research effort is directed towards issues of national interest, such as safety, health and competitiveness. Much of this work is also directly applicable to solving short-term problems in industry. Our 1990-91 revenue of $2.1 million from industrial projects, and our income of $3.9 million from work for other government departments attest to the importance and relevancy of our research projects.

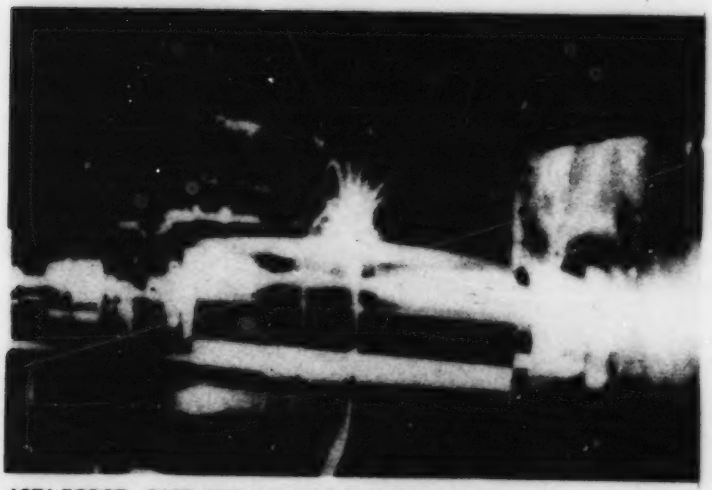
We believe that the consolidation to six research programs has placed us in an even stronger position to address the future needs of Canadians in the application of mechanical engineering technology.

Advanced Manufacturing Technology

The Advanced Manufacturing Technology (AMT) Program not only provides a central design and fabrication service for all the NRC research institutes, but also conducts a research program in new manufacturing processes, manufacturing systems, and integrated design and fabrication. Current areas of research activity encompass integration methods for Numerically-Controlled (NC) machine tools, machining of and with advanced materials, laser and electron beam materials processing and rapid prototyping. Extensive workshop facilities include a flexible manufacturing cell, various Computer Numerically-Controlled (CNC) machines, an industrial laser laboratory, a large electronbeam welding chamber, and Electrodischarge Machining (EDM) facilities, among others. The research program is closely linked to related manufacturing activities in other NRC institutes and also provides a hands-on demonstration facility for the benefit of small- and medium-sized Canadian firms exploring flexible manufacturing concepts.

Design and Fabrication Support

The distribution of work has been changing over the years from only support for IME projects to increased support for other laboratories and for industry. The current breakdown is 60% for other laboratories and industry, 30% for IME and 10% for AMT research program support. The character of the work has also changed in that a much higher percentage of the projects are demanding the use of high technology. With the requirements for small numbers of parts and for advanced machining methods, the support service has all the ingredients of a small flexible manufacturing organization, providing first-hand experience of computer integrated manufacturing needs. The work also serves as a test-bed and demonstration activity to ensure the relevance of the overall program.



ASEA ROBOT – PART OF THE FLEXIBLE MACHINING CELL
Loading a turbine blade blank onto a 5-axis machining centre

Computer Integrated Manufacturing

Various developments were made in the area of Computer Integrated Manufacturing software. TOPAC (Tool Path Correction) software and documentation were accepted by Walbar. This contract is now complete and other licencees are being pursued for automotive and aerospace applications. The VAX version of CNC-Servant was licensed to *ICAM Technologies* and has been in continuous use at a manufacturing company in Sherbrooke (Quebec) since last spring. The in-house procedure for NC milling of complex parts, such as turbine blades, has been studied in order to reduce the time required to make the first prototype. A new machine tool probe was developed, debugged and integrated with the cell control system where it can now function as an in-process inspection device to measure semi-completed parts. For example, verification of TOPAC was done on the machine (without using the coordinate measuring machine).

Advanced Materials

Research into the machining of hard ceramics, and of a limited number of hard metals, has demonstrated the viability of a process developed last year for precision machining or finishing, using either YAG or Excimer lasers. Patent rights for the process have been filed in Canada and the USA. Parameters were established for cladding a mild steel substrate with two nickel-based materials. The process has been used to salvage a damaged spindle on a machine tool by building it up with a nickel superalloy. The process is of potential use for repairing damaged turbine blades.

Electromechanical Technologies

A collaborative project with the *Laser Machining Centre* in Toronto and with *Canadian Astronautics* has resulted in the successful laser welding of very thin sections of 6061 Al alloy. Other collaborative work on laser welding with *Sherbrooke University* has permitted welding of electronic control circuits inside titanium hearing implant devices. Other laser applications work has involved a variety of precision cutting projects with various industrial partners. In other research in this project, electron beam welding techniques have been developed for a number of difficult situations and the results have been transferred to industry.

Advanced Manufacturing Development

This small group, located in the Canadian Institute of Industrial Technology (CIIT) building in Winnipeg, was established to explore methodologies for rapid production of prototypes using computer integrated technologies, such as CAD/CAM, multi-axis machining and stereolithography. Rapid prototyping using stereolithography apparatus requires full CAD/CAM integration with input from 3D-CAD systems. For this reason the actual market penetration so far is low, although significant industrial interest is being expressed in the new technique.

Coastal Zone Engineering

Introduction

In the Coastal Zone Engineering Program (CZE) studies are made of the effects of waves, tides and currents on coastal engineering works such as harbours, breakwaters and shoreline protection installations and on natural features such as beaches and estuaries. Physical, hybrid and numerical models are used, the development of the latter being one of the research priorities of the Program. A world-leading expertise in technology for simulation of natural wave states in laboratory basins is maintained through constant development. This technology is licensed and marketed around the world. Achievements during the past year include:

MULTIDIRECTIONAL WAVE BASIN
Spilling breaker on cylindrical pile

Facilities

Approval was granted for the construction of a new Wave Research Flume to be completed late in 1991, and the old flume was dismantled. The new flume will permit testing of coastal structures at sufficiently large scales to avoid laminar flow effects. It will also make feasible advanced wave generation research to examine the interaction of surface gravity waves with internal density waves and solitons as exist on the continental shelf. Coastal engineering consultants made extensive use of the CZE National Facilities.

Hydro-Numerical Modelling of Coastal Engineering Processes

A three-year agreement was signed with four government departments through which they will partially support the development of Hydro-Numerical models, a research area receiving increased emphasis within the CZE Program. Silicon Graphics workstations were purchased and a collaborative agreement was arranged with *Hydraulics Research Ltd.*, U.K. through which CZE will further develop their beach evolution and sediment transport code. Numerical modelling studies for Liverpool Bay, N.S., Uprivers Lakes, Minnesota, and Pointe Evatra, Madagascar, were completed.

Breakwater Research

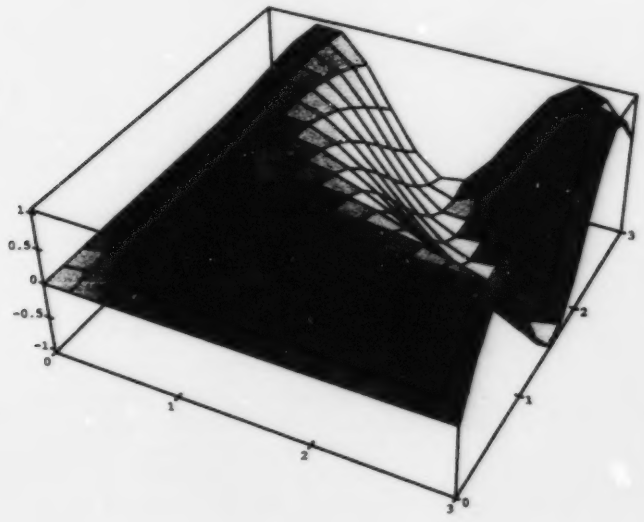
Using physical models, breakwater model studies were carried out for Parson's Pond, Branch Harbour and St. Bride's Harbour, Newfoundland. Consultants, using laboratory facilities, conducted several breakwater tests.

Beach Processes

Nearshore wave transformations have been shown to be important in the modelling of coastal structures in laboratory wave basins. It has been demonstrated that rather than the one in 100 year deepwater storm waves, it is often the one per year smaller storm waves which propagate unbroken up the beach slope and cause the most damage. This finding has influenced profoundly laboratory test methodologies for breakwaters under shoaling conditions.

Modelling of Civil Engineering Structures in the Coastal Zone

With the new Offshore Engineering Basin at the Institute for Marine Dynamics commissioned in mid 1990, the CZE Program moved its emphasis to civil engineering aspects of structures in the coastal or nearshore zone. However, a final analysis and reporting of tests performed earlier on a tension-leg platform for *AMOCO* were completed.



CFD Output

Wave Dynamics

A CZE research engineer, working under an exchange agreement at the *Port and Harbour Research Institute in Japan*, has made a significant breakthrough in the science of wave dynamics. Using a new set of equations which he has developed, he is able to model, numerically, the non-linear transformation of irregular, multidirectional waves due to shoaling, reflection, diffraction and refraction. This has application to a wide variety of problems such as shoaling on a beach and on artificial islands.

The Isaacson diffraction model for the statistical properties of 3D pseudo-random waves was validated experimentally and hence has become a very useful tool for 3D wave generation.

A numerical model to predict the performance of the NRC-patented expanded metal wave absorbers was developed. This will help the NRC licensee, *Dramex Corporation*, to market this technology more efficiently to hydraulics laboratories around the world.

Generalized Experiment Control, Data Acquisition and Analysis (GEDAP)

This software was extensively rewritten and improved. This has allowed increased market penetration by the NRC licensee, *Dominis Engineering Ltd.*, and by *W.R. Davis Engineering Limited*, licensee for the NRC segmented wave generator technology which depends on GEDAP for control purposes.

Cold Regions Engineering

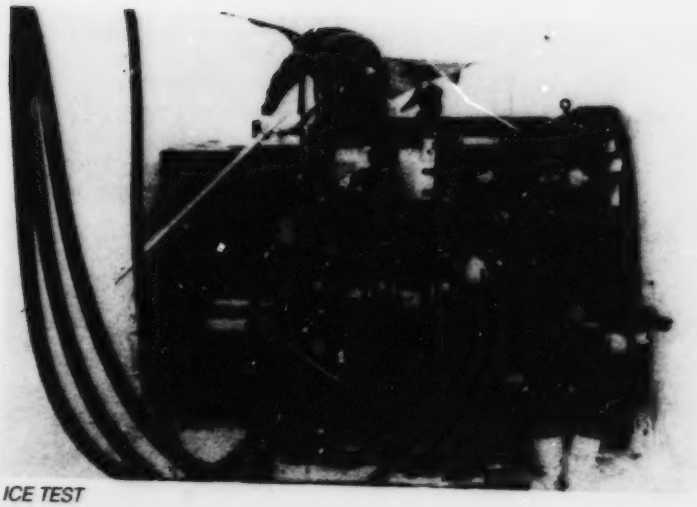
Cold Regions Engineering (CRE) focuses on climatic engineering problems related to Canada's northern climate. The program is subdivided into two related project groupings utilizing common facilities and expertise. Fundamental research on the properties of snow, ice and freezing rain is coupled to problems associated with the operation of engineering equipment in harsh environments. The thermal systems research group studies refrigeration and heat pump systems with an active emphasis on chlorofluorocarbons (CFC) replacement fluids and alternate heat transfer fluids for large building cooling systems. Fundamental developments in computational fluid dynamics are applied to heat transfer problems in both areas. Several major National Facilities for environmental testing are utilized in this Program.

Facilities

A new variable speed fan propulsion motor and controller were installed in the Icing Tunnel and new equipment to accurately measure water droplet size spectra in the Tunnel was commissioned. Contributions were made to a worldwide survey of ground-based icing simulation facilities being prepared by a Society for Automotive Engineers (SAE) subcommittee in conjunction with the *Arnold Engineering Development Center* and the *Naval Air Propulsion Center* in the U.S.A.

Heat Transfer and Heat Exchangers

A detailed study was carried out on the transport properties of ice slurry for district cooling systems using a Sunwell slurry generator in collaboration with that company. An IBM/RS6000 workstation was acquired as part of an NRC joint study agreement with *IBM Canada*. This will accelerate and enhance Computational Fluid Dynamics research within CRE and within IME as a whole.



ICE TEST

Medium-scale indentation test in multi-year sea ice at Hobson's Choice Ice Island in the High Arctic (Spring 1990)

Alternative Refrigerants and Heat Pumps

Several steps were made en route to the characterization of the performance of certain CFC replacement fluids in collaboration with *DuPont Canada*. HFC-152a and HFC-134a were examined as possible drop-in substitutes for CFC-12, and boiling heat transfer measurements were made for a mixture of HCFC-22 with CFC-114. A prototype steam generating, high temperature heat pump using HCFC-123 was successfully demonstrated with over 6500 hours of operation. Industrial partners are now being sought for participation in a full-scale in-plant demonstration.

Environmental and Climatic Research

A report entitled "Freezing Precipitation on Lifting Surfaces" was submitted to the *Moshansky Commission of Inquiry into the Air Ontario Crash* at Dryden, Ontario. A new "Drip/Splash" icing test standard for natural gas pressure regulators was developed with the *Canadian Gas Association* (CGA) and has been adopted as part of the CGA code. In collaboration with *Transport Canada* the effectiveness and aerodynamic effects of several anti-icing and de-icing fluids were investigated.

Ice Mechanics and Ice/Structure Interactions

The integration of ice mechanics staff from the Institute for Research in Construction was completed and the responsibility for the M-32 Ice Tank was assumed by the CRE Program. Several collaborative studies were carried out with Canadian and foreign partners. One of these was a field project in the high Arctic to measure ice indentation forces on a full-size structural element. This study was done jointly by IME, *Memorial University of Newfoundland* and *Sandwell Inc.* for the *Canadian Coast Guard* and an industrial consortium of *Esso, Mobil, Amoco and Conoco.*

Testing of Industrial Equipment to Meet Climatic Standards

A total of 25 tests were carried out; 14 for Canadian industry, 10 for National Defence, and 1 for foreign industry.

Fluid Dynamics and Combustion

Research topics, selected on the basis of Canadian transportation, industrial and defence needs, are concerned with particular aspects of continuous combustion, transonic heat transfer and internal aerodynamics, and novel mechanisms of high speed water jet technology, which share a common dependency on expertise in fluid mechanics and thermodynamics. This research is assisted by, and closely interwoven with, work on the development and validation of specialized computer codes for prediction and design. The overall experimental effort is supported by the operation of the large compressor/exhauster national facilities, which supply air to other major IME facilities designed for research on continuous combustion applications and internal aerodynamics, and to facilities for research on complete propulsion systems operated at simulated icing, forward speed or altitude conditions. Significant results during the past year are as follows:

LASER-BASED COMBUSTION DIAGNOSTIC TECHNIQUES
Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy

National Facilities

The 8MW compressor/exhauster, 5MW compressor and 2MW exhauster serve the Altitude Test Facility (operated in collaboration with *Pratt and Whitney Canada*), the Propulsion Wind Tunnel, the Engine Icing Facility, and several experimental rigs in various laboratories associated with combustion and turbomachinery aerodynamics research. Strong industrial demand during the year led to implementation of two-shift operation, with three shifts being required during the winter months. In conjunction with these changes, noise abatement work was completed to satisfy neighbourhood concerns. Revenues increased over previous years and client requirements, as well as staff training and equipment maintenance goals, were met.

Continuous Combustion Processes

The Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy (CARS) software package, developed at NRC with joint *Department of National Defence/Energy, Mines and Resources* (DND/EMR) support, has been installed at *EMR/CANMET* and *DND/DREV*. Application of the CARS technique to combustion experiments has produced temperature histograms that reflect the turbulence of the flame. These permit various average temperatures to be calculated. New developments in this analysis technique also permit the fuel to nitrogen ratio to be calculated in fuel-rich regions. In other research, the capability of measuring soot surface temperature has been used to determine the effect of fuel/air preheating on soot formation in gaseous diffusion flames. A new two-colour method for particle/droplet image velocimetry has been demonstrated, with excellent

potential for improving the understanding of fuel sprays. In a collaborative project with Westinghouse Canada, several interactions were completed on the development of a low NO_x experimental gaseous-fuelled combustor. With *Pratt and Whitney Canada*, the role of spray characteristics on ignition and stability has been examined.

Internal Aerodynamics and Heat Transfer

An experimental investigation of the redistribution of gas stream total temperature in a high turning angle transonic planar cascade was completed. The results indicate that the traditionally accepted approach to the analysis of rotor performance data is in error. Determination of local heat transfer/skin friction coefficients using a high energy laser was achieved in a collaborative project with *Queen's University*. The effects of root fillets on horseshoe vortex development were studied in the Propulsion Wind Tunnel (collaborative project with *Queen's University*) and also in a transonic planar cascade (with *Pratt and Whitney Canada*). In unrelated work, an industrial problem was solved with the design and development of a laminar flow nozzle for cooling of tubing being cold rolled in a pilger mill, and a device to enhance the clearing of secretions in the lungs of patients with cystic fibrosis has been developed in collaboration with *Ottawa General Hospital.*

Computational Fluid Dynamics and Thermodynamics

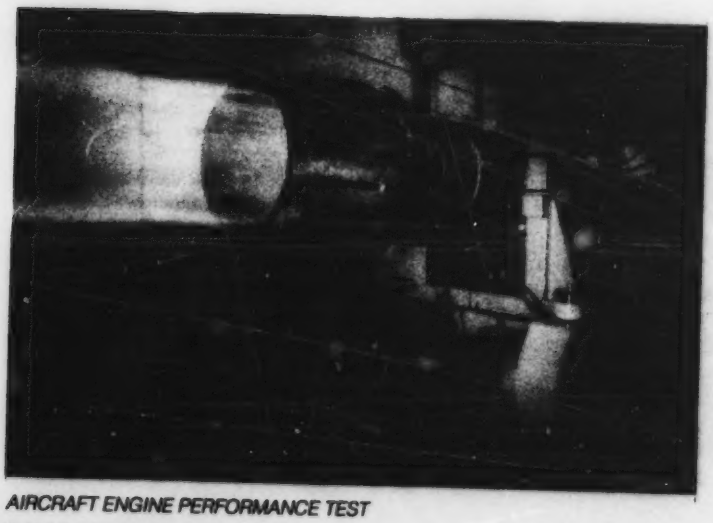
Work in this area includes continuation of the development of an in-house code, TURCOM, for the improvement of submodels describing combustion and fluid flow processes, and exploratory work with existing commercial codes. Ongoing work indicates the Monte Carlo method of calculating probability density functions can be incorporated into TURCOM to account for the real physical interaction between turbulence and chemical reaction with finite rate chemistry. In the meantime, the present version of TURCOM has been successfully applied to the solution of various industrial problems in such diverse areas as gas combustion, high Mach number internal flows, and cavitation inception in high speed water jets. An "academic users group", potentially involving five Canadian universities in the collaborative further development of TURCOM is in process of formation. Experience with a commercial code, FLOW3D, has helped delineate limitations of the k-ϵ turbulence model.

High Speed Water Jets

Most of the research undertaken during the past year has been undertaken as part of a collaborative project with the *HDRK* consortium. The use of water jets to assist in rock cutting for mining applications is being explored, with emphasis on modified jets (e.g., with abrasive entrainment, pulsations or cavitation enhancement). The initial phase has been successfully completed and proposals for further work accepted by the consortium.

Gas Turbine Engine Technology

Research in this program area has been shaped by the needs of manufacturers and operators of gas turbines, and addresses overall aspects of engine performance and operation, including vibration and noise-related work as well as aerothermodynamics. Much of this vibration and acoustics research, although driven at present by leading edge gas turbine technology, will eventually find application in the vehicle and machinery dynamics fields. Other work on gas turbines involves the operation of large engine test cells as National Facilities, and is directed towards improving the accuracy, repeatability and efficiency of engine testing, and towards standardization of test techniques, to permit cost-effective accurate comparison of engine performance results. Much of the work in this project is undertaken in support of *DND* requirements, and is aimed at providing an independent source of knowledge, test capability, and specialized research equipment appropriate and accessible to Canadian needs. Significant results in these areas during the past year were as follows:



AIRCRAFT ENGINE PERFORMANCE TEST
F-404 Engine in afterburn

Propulsion Systems Condition Monitoring

The sensitivity of overall performance to component deterioration is being assessed by controlled substitution of worn or damaged parts. As a preliminary aspect of this work a T56 has been stripped and rebuilt with no component substitutions to determine performance sensitivity to changes within allowable tolerances. An experimental program to measure performance effects of T56 compressor coatings has also been completed. In related work with a J85 engine, a transient performance model has been validated and a series of tests has established a controls fault library.

Experimental Performance Assessment Techniques

This laboratory's participation on behalf of Canada in the North Atlantic Treaty Organization (NATO)-sponsored Uniform Engine Test Program has resulted in final reports as well as a lecture series being conducted on comparative performance assessment. A report has been produced on guidelines for construction and operation of turbine engine test facilities, and a significant research effort has been devoted to the investigation of ambient temperature and humidity effects on gas turbine performance. NRC's portion of an international collaboration on the analytical and experimental assessment of the Real Time Thrust Sensor on an F404 engine has been completed, as has the rationalization of the F404 test cell correlation with the US manufacturer, *General Electric Ltd.*

Aeropropulsion Studies

Experimental work completed includes performance effects in a 150-hour accelerated mission test of strategic military fuel on a T56 engine, and icing programs undertaken by *Pratt and Whitney Canada* on a PW305 turbofan and a PW124 turboprop. In addition, computer simulation studies were undertaken for *DND* to support foreign technology assessment requirements. Support to, and participation in, NATO's *Advisory Group for Aerospace Research and Development* (AGARD) and *The Technical Cooperation Program* (TTCP) activities provided valuable international links and information.

Machinery Condition Monitoring and Noise

A technique has been developed using Hilbert Transforms for detecting impending gear faults and compressor rubs. An alternative approach to gear fault detection through system resonances is also being pursued, and a specific vibration analysis procedure for the Sea-King helicopter main gearbox has been set up for *Spar Aerospace Ltd.* Baseline vibration data have been obtained from in-house running of T56 and F404 gas turbines and from *NASA Lewis Research Center* for H58 transmissions. Analysis is in progress. This T56 and F404 running has also permitted acquisition and analysis of data from the gas path debris sensor, and quantification of on-line oil debris information. Acoustic research has centred on the development of a gating technique for performance evaluation of sound intensity measurements, analysis of residual pressure measurements and preliminary assessment of acoustic scanning techniques. A noise survey of the EOLE wind turbine was also conducted.

Advanced Aerodynamic Studies

Experimental work in a large scale transonic turbine rig, conducted in collaboration with *Pratt and Whitney Canada*, has continued with the testing of a series of nozzle variants. The influence of downstream conditions has also been explored and a study of tip clearance effects on rotor performance is proceeding. Planned installation of a laser L2F system has been facilitated by a secondment to a German laboratory specializing in the technique. In other work, measurements of inlet pressure distortion and swirl have been completed on a model of the Navy patrol frigate engine installation; a method to quantify wind tunnel blockage effects has been developed and a final report on automotive engine bay cooling flow measurement techniques has been presented.

Expert Systems Applications

The Jet Engine Troubleshooting Advisor (JETA) software package being developed in conjunction with NRC's Institute for Information Technology has been enhanced in reasoning algorithms, knowledge base, user interface and explanation subsystem. Fault implantation, data analysis and fault prediction studies are continuing on a J85 turbojet, with experimental tests completed and machine learning techniques under way.

Reciprocating Internal Combustion Engine Technology and Fuels

The approach in this area is to produce experimental results that while individually complete in themselves, collectively provide an overall picture of diesel engine combustion performance. Research topics include fuel characterization and its relation to ignition, combustion and pollutant formation, intermittent spray characterization, bomb ignition and intermittent combustion studies, combustion and durability performance in research and production diesel engines, and studies of exhaust emissions and particulates. Research aimed at improving engine performance by using ceramic components is also in progress. Other work covers such aspects as the development of product standards, and testing against these standards, safety and fuel handling and regenerative power systems for energy conservation. The principal results obtained during the past year are as follows:

Combustion and Fuels

Installation of a turbulent premixed combustion rig has been completed and combustion models for the different combustion regimes based on small scale turbulence structure have been formulated. In other work relating to combustion processes, a turbulent flame propagation model based on fractal geometry concepts has been formulated. Experimental work with laminar diffusion flames has permitted identification of the effects of flame temperature and fuel structure on soot formation. Other experimental work concerned with the characterization of fuel sprays has benefitted from the upgrading of the Phase Doppler system.

Alternative Engine Fuels and IC Engine Combustion Technology

Cold start evaluations of several vehicles have been conducted for *Transport Canada* to assess possible problem areas with flexible fuel (gasoline/methanol) engines. Methanol flame luminosity is the subject of a two-year associated study. Other work, for *DND*, is assessing the potential for performance and emissions improvement of diesel engines by means of insulation of the combustion chamber.

Diesel Engine Health Monitoring

A feasibility study of the Instantaneous Crankshaft Angular Velocity (ICAV) technique as a locomotive diagnostic tool was completed as part of a contract with *Burlington Northern* and *CP Rail*. In addition, prototype ICAV pattern recognition software to diagnose cylinder-to-cylinder power imbalance conditions is under development for *DND*. Patenting and licensing of the technology is in progress.

Analytical Support and Safety

During the past year, analytical support for the investigation of 16 aircraft accidents was provided to the *Transportation Safety Board of Canada*. Extensive support work in emissions measurements, and analysis of fuels and associated products was also undertaken for numerous other NRC laboratories, other government departments, research organizations, agencies and industries, resulting in the production of 30 analytical test reports.

Tribology and Mechanics

The research program in tribology encompasses investigations of the friction, wear and lubrication characteristics of materials and components of mechanical systems involving sliding, rolling and impact motion in scaled tests simulating end-use conditions. Laboratory experiments, complemented where appropriate by theoretical modelling and field testing, are carried out to solve practical problems and to investigate the fundamentals of wear, friction and lubrication processes. The principal results obtained during the past year are as follows:

Friction and Wear of Non-Metallic Materials

Visualization of the interfaces has permitted development of understanding and a preliminary physical model of wear debris dynamics in sliding conforming contacts. As a collaborative follow-up to an earlier contract with *Alcan*, an assessment of wear in re-densified carbon-carbon composite materials has been undertaken. Other collaborative work involved *Simon Fraser University* in the friction and wear properties of novel MoS_2 solid lubricant films.

Rolling Contact Tribology

A collaborative research program with *Skytrain* and *Cambridge University* has yielded a general understanding of the processes by which wheel vibrations and short pitch corrugations occur on rapid transit rail systems. Further international work continues on the theoretical aspects. Six mass transit systems have now converted to using the high positive friction tread and/or low coefficient of friction flange solid lubricants developed in cooperation with *Century Oils*. Ninety other systems worldwide are testing this approach. Research continues on high adhesion lubricants to enhance locomotive traction. Applications and technique optimization for the rail grinding are also continuing.

Vibratory Wear and Friction Phenomena

Strategic research aimed at producing a predictive model for vibratory/impacting wear has resulted in publication of three papers. On the applications side, contract research has been undertaken for *Esso Resources* on wear of down-hole oil well components and for Domtar on friction in paper handling machines.

Fluid Film Bearings

Thermohydrodynamic models of large diameter turbulent journal bearings have been developed and validated for *Ontario Hydro*. In other work, initial development of more efficient journal bearings holds promise of significantly lower bearing temperatures. International collaboration in this area is continuing. Further collaborative and contract research has been aimed at the understanding of: oil well seal assemblies for vertical bearings; bearing failures in the F404 aero engine; and survivability of starved journal bearings.

Machine Vibrations and Mechanisms Synthesis

Under a collaborative agreement with *Ottawa University* and in cooperation with *Unique Mobility Inc.* (an *Alcan* subsidiary), a critical speed analysis was undertaken of the rotor for a very high speed flywheel energy storage system. Vibration analysis and expert advice was also provided to other industrial clients. In the mechanisms area, field tests are continuing on the log yarding carriage and design work has been initiated on other agricultural equipment.

Vehicle Dynamics

The Vehicle Dynamics Program concentrates on the dynamics of both rail and heavy road vehicles with beneficial impact on transportation economics and on public safety. To accomplish the R&D tasks, unique National Facilities are maintained which also serve the ground transportation client community.

The Ground Transportation Technology Program was initiated as of 1 April 1991 under the IME program rationalization plan through amalgamation of several components. During 1990/91 the rail modelling group from the Systems Laboratory was merged with Vehicle Dynamics. (The balance of the Systems Laboratory was transferred to the Institute for Information Technology). Personnel from the IME Tribology and Mechanics Laboratory in Vancouver with expertise in wheel-rail rolling contact tribology provide support to the program although they remain as part of the Vancouver staff complement.

In conjunction with the 75th Anniversary of NRC the annual CSME Student Lecture Series was delivered on "*The Science of Trucks*" to all 27 Canadian universities with a mechanical engineering department. (A summary was printed in the June 1991 CSME Bulletin.)

Facilities

The *Curved Track Simulator*, the only one of its kind in Canada, is designed for the measurement of various phenomena associated with railcar hunting and curving behaviour including forces and accelerations. The simulator and speed control mechanisms were readied for a first formal test in tangent track operation.

The *Wheel Bearing and Brake Facility*, designed for controlled, full scale, reproduction of railway conditions to allow measurements on wheels, bearings and brakes, was brought to the commissioning stage. Significant improvements were made to the *Vehicle Squeeze Frame*, to the *Vehicle Vibration Facility*, and to the *Truck Suspension Measurement Facility*.

Vehicle R&D

A new method was developed, the "Three-Point Measure" (criteria and thresholds), to evaluate the performance of heavy trucks. A refereed paper was presented to the ASME Winter Annual Meeting.

New computer simulation models were developed to predict the directional behaviour of four types of logging trucks. (Refereed paper was accepted for publication in *International Journal of Vehicle Design*.)

TILT TABLE

Checking the rollover threshold of a vehicle

Improvement was made to existing *University of Michigan Transportation Research Institute* (UMTRI) computer models, to redefine the performance manoeuvres invoked for assessing the handling behaviour of heavy vehicles (refereed paper was accepted for publication in the *International Journal of Vehicle Design*).

Recommendations were provided to the *Transportation Association of Canada* and le *Ministère des Transports du Québec* on the performance of short wheelbase truck tractors and the placement of a fifth-wheel; regulatory implications for provincial governments are being assessed.

Analysis was provided to *Transport Canada* on the cost-effectiveness of developing a rollover warning device for heavy vehicles; TC is redirecting its efforts as a result, towards the development of a roll stability indicator.

A new collaboration was begun with *British Rail, Cambridge University* and *Berlin University* to investigate the cause of short-pitch corrugation of railway rails.

Analyses and recommendations were provided to the *Solicitor General of New Brunswick* on the causes of an accident involving a log truck near Cormier Village, N.B.

New procedures for testing and certifying C-Dollies were developed and recommended to the *Transportation Association of Canada*. They were adopted by provincial regulatory authorities and first tests and certifications were conducted as a result.

IME Resource Profile

PROJECT	HUMAN RESOURCES (PYs)				EXPENDITURES ($K)			INCOME ($K)	
	Staff	Revenue PYs	Guest Workers	Students	Oper.	Minor C.	Major C.	Revenue	Financial Arrangements
Administration	15.5	0	0	0	652.5	86.2	0	0	0
Advanced Manufacturing Technology	41.6	0	0	0.4	214.7	256.7	0	141.5	0
Coastal Zone Engineering	27.4	3	1.8	1.1	349.8	302.7	262.0	334.6	197.7
Cold Regions Engineering	20.3	1	1	0.8	288.6	145.5	0	562.3	1 110.2
Computer Technology Applications[1]	7.2	0	0	0	168.3	96.0	0	95.6	2.3
Fluid Dynamics and Combustion	24.6	2	2	1.0	385.2	281.3	0	394.5	489.7
Gas Turbine Engine Technology	23.4	1	1.1	1	155.4	40.1	0	60.5	1 344.8
Reciprocating Internal Combustion Engine Technology and Fuels	18.1	0	1.0	0.4	161.7	300.8	0	68.1	711.2
Tribology & Mechanics	17.8	1.4	2.7	0.8	211.1	132.5	0	242.7	0
Vehicle Dynamics	24.3	3	1.1	0.8	241.7	162.2	0	202.2	62.1
	220.2	**11.4**	**10.7**	**6.3**	**2 829.0**	**1 804.0**	**262.0**	**2 102.0**[2]	**3 918.0**

[1] Resources shown represent period 1 April to 31 August, 1990; project was transferred to Institute for Information Technology.
[2] Total does not include value of Visiting Scientists and Guest Workers presence.

External Interactions

A) Income

The income to IME (see RESOURCE PROFILE) was earned through the following mechanisms:

a) Revenue was derived from private sector clients for the research services they have requested. In 1990-91, IME had fourteen (14) clients who each contracted for IME services in excess of $50,000; the cumulative income from this group was $0.7M. The balance of revenues ($1.4M) was received through smaller dealings (valued at <$50K) with more than 100 firms.

b) Financial Arrangements (FAs), valued at $3.9M, were received from the following government departments and agencies (OGDs):

- Canada Oil & Gas Lands Administration
- Canadian Aviation Safety Board
- Canadian Coast Guard
- Canadian International Development Agency
- Department of National Defence
- Energy, Mines and Resources Canada
- Fisheries and Oceans
- Public Works Canada
- Transport Canada

c) Joint research projects generally involved the contribution of resources (human, facilities, and/or dollars) by the Institute and its collaborator(s). Taking these contributions into account, the net value of IME's investment (facilities usage PYs and expenditures) in some twenty joint research projects was approximately $1.2 M. The corresponding input to these projects by the collaborators was estimated at $1.4M. (It should be noted that the latter figure relates only to clients' resources which were directly related to the projects: these could be significantly higher if evaluations were made on a broader interpretation of the collaborators' research undertakings.)

B) Guest Workers

The Institute was fortunate to have the presence and contributions of more than twenty Guest Workers and Visiting Scientists for an amount of time equivalent to 10.7 person-years. Some of the sponsoring organizations were:

- Department of National Defence
- Energy, Mines & Resources Canada
- PAPRICAN
- Simon Fraser University
- Unique Mobility Inc.
- University of British Columbia

- Automotive Industry Corporation, China
- Beijing Agricultural University, China
- Institute of Mining Technology, China
- Tianjin Resources Institute, China
- FKW GmbH, Germany
- Port & Harbour Research Institute, Japan
- Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand

Although not counted as *Income*, the presence of the Guest Workers and Visiting Scientists represented a contribution to IME worth some $ 0.6 million.

Adjunct Professorships

Dr. V. Barthel
Department of Civil Engineering
University of Ottawa

Dr. K.R. Brockwell
Department of Mechanical Engineering
University of British Columbia

Dr. R.V. Dukkipati
Faculty of Mechanical Engineering
Concordia University
Faculty of Mechanical Engineering
University of Western Ontario

Dr. R.M.W. Frederking
Faculty of Engineering
and Applied Science
Ocean Engineering Research Centre
Memorial University

Dr. R.P. Gupta
Department of Electrical Engineering
McGill University

Dr. H.M. Hawthorne
Department of Mechanical Engineering
University of British Columbia

Mr. J. Kalousek
Department of Mechanical Engineering
University of British Columbia

Mr. P.Y. Kim
Department of Mechanical Engineering
University of British Columbia

Mr. P.L. Ko
Department of Mechanical Engineering
University of British Columbia

Dr. E.P.D. Mansard
Department of Civil Engineering
Université de Laval

Mr. N.K. Sinha
Faculty of Engineering
University of Ottawa

Dr. G.W. Timco
Faculty of Engineering
and Applied Science
Ocean Engineering Research Centre
Memorial University

Mr. M.M. Vijay
Colorado School of Mines

Memberships

Dr. K.R. Brockwell
- Executive Secretary, Associate Committee on Tribology

Dr. G.R. Campbell
- Canadian Standards Association (CSA), W117.2 M87 Subcommittee, "Safety in Welding, Cutting and Applied Processes", Section 7.1 and 7.2.

Dr. W.E. Carscallen
- Associate Member of the Queen's Heat Transfer Laboratory – Queen's University, Department of Mechanical Engineering.
- Member, Organising Committee and Session Chairman for the 1992 CAN-CAM Conference

Mr. J. Coleman
- Chairman, TAC Heavy Vehicle Research Coordinating Committee;
- Member, TAC Research and Development Council
- Chairman, Train Dynamics and Lading Damage Committee
- Alternate NRC member, Railway Research Advisory Board

Mr. M.H. Davies
- Secretary, Canadian Coastal Science & Engineering Association (1991) (formerly NRC Associate Committee on Shorelines, in 1990-91)

Dr. R.V. Dukkipati
- Member, Editorial Board, International Association for Vehicle System Dynamics

Dr. M. El-Gindy
- Member, TDC Steering Committee, Concordia Expert System Project

Mr. T.D. Faure
- Member, Energy, Mines & Resources (CANMET) Technical Advisory Committee on Small and Low Head Hydro.

Dr. R.M.W. Frederking
- Committee of Ice Experts, Northumberland Strait Crossing Project;
- Interdepartmental Committee on International Science and Technology Relations – Cold Regions;
- Member of PERD Program Committee 6.2 – Marine Engineering

Dr. O.L. Gulder
- Chairman, Combustion Institute-Canadian Section;
- Member of Board of Directors, Institute for Liquid Atomization and Spray Systems;
- Canadian Member of the Executive Committee on Energy Conservation in Combustion-International Energy Agency;
- Member of the Editorial Board, Journal of Atomization and Sprays. Scientific Advisor to Canadian Space Agency on Microgravity Combustion;
- Committee Member of PERD 1.5 and PERD 5.5

Dr. R.P. Gupta
- Member, International Energy Agency (IEA) Advanced Fluids Group

Mrs. V.M. James
- Member, Women in Science and Engineering

Dr. P.L. Ko
- Executive Member, British Columbia Section of American Society of Mechanical Engineers (ASME)

Dr. G. Krishnappa
- Member, Technical Committee on Noise, Acoustical Society of America;
- Member, Editorial Advisory Board, Noise Control Engineering Journal, (USA);
- Chairman, International Advisory Board for INTER NOISE 92;
- Member, Scientific Committee for the Second International Congress on Recent Developments in Air & Structure-Borne Sound and Vibration;
- Canadian Focus Officer for TTCP Technical Panel HTP-7 Helicopter Drive Train Monitoring and Engine Vibration Analysis;
- Canadian Representative, International Electrotechnical Commission IEC/TC 29/WG 11 Instruments for the Measurement of Sound Intensity;
- Canadian Representative, International Standards Organization (ISO)/TC 43/WG 25 Determination of Sound Power Using Sound Intensity Measurements;
- Chairman, American National Standards Institute (ANSI) S1-12 Instruments to Measure Sound Intensity;
- Member, S12-21 Determination of Sound Power Using Sound Intensity.

Mr. J.W. Linton
- Corresponding Member of American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Technical Committee 9.4;
- Canadian Coordinator for International Energy Agency (IEA) Annex 18, "Thermophysical Properties of the Environmentally Acceptable Refrigerants".

Dr. I.R.G. Lowe
- Senior Vice President, Canadian Society for Mechanical Engineering;
- Member, Canadian National Committee International Union of Theoretical and Applied Mechanics

Dr. E.P.D. Mansard
- Canadian Representative in the International Working Group on Extreme Wave Statistics;
- Canadian Representative of the Permanent International Association of Navigation Congresses Working Group 12 on Rubble-mound breakwaters;
- Canadian Representative in the Maritime Section of the International Association for Hydraulics Research;
- Representative of the National Research Council on the Canadian National Committee for the Engineering Committee on Oceanic Resources;
- Coordinator of France-Canada Scientific cooperation in Sedimentary Hydrodynamics;
- Coordinator of Japan-Canada Scientific Cooperation in Coastal Engineering.

Mr. J.D. MacLeod
- Member, Society of Automotive Engineers (SAE) EG-1E Gas Turbine Engine Test Facilities and Equipment Committee

Mr. G. McGregor
- Board of Directors, Canadian Industrial Laser Association

Dr. M.M. Oleskiw
- Chairman of Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C, Panel on Atmospheric Icing Characterization;
- Member, Scientific Advisory committee for Instrumar Wind Icing Detector Development for TDC, Transport Canada;
- Member, Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C Aircraft Icing Technology Subcommittee;
- Member, Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C-90-1 Panel on Icing Facility Characterization;
- Member, Icing Technology Activity, Propulsion and Integration Testing and Evacuation. Annex to US-Canada Master Data Exchange Agreement.

Dr. B.D. Pratte
- Energy, Mines & Resources, PERD 6.2 Marine Engineering;
- Member, Energy, Mines & Resources (CANMET) Technical Advisory Committee on Small and Low Head Hydro.

Mr. D.M. Rudnitski
- Advisory Group for Aerospace Research and Development (NATO) (AGARD) Propulsion and Energetics Panel – Panel Member and Canadian Panel Coordinator;
- Chairman, WG-23, Transient Measurements in Gas Turbines;
- Chairman and Canadian National Leader for TTCP Technical Panel 7 – Propulsive and Mechanical Systems, Condition Monitoring and Diagnostics;
- Member, ISTC Program Review Group on Pratt & Whitney R&D Program;
- NRC Staff Officer, Master Data Exchange Agreement (MDEA) Propulsion and Integration Testing and Evaluation.

Dr. M.S. Sayed
- Member, IAHR Working Group on Ice Forces

Dr. U.W. Schaub
- Member, Society of Automotive Engineers (SAE) E33-C Measurement Uncertainty in Gas Turbines;
- Member, Society of Automotive Engineers (SAE) Aerodynamics Cooling Subcommittee

Dr. N.K. Sinha
- Member of Executive Committee on Constitutive Equations Committee of ASME.
- Member of RILEM (International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures) Technical Committee, "Ice and Construction".
- Member, Executive Committee of OMAE (Offshore Mechanics and Arctic Engineering) Division of ASME.
- Coordinator of Arctic/Polar Symposium of 11th Conference of OMAE, June 7-12, 1992, Calgary, Canada.

Mr. W.K. Snelson
- Canadian Delegate on Executive Committee of International Energy Agency (IEA) Advanced Heat Pumps Implementing Agreement;
- Member of International Energy Agency (IEA) HEAT Pump Centre, Canadian National Team;
- Member of PERD Program Committee 1.2 – Industry;
- Member of PERD Program Committee 1.7 – Energy Systems.

Dr. G.W. Timco
- Canadian Representative, International Association for Hydraulic Research (IAHR) Committee on Ice Problems;
- Chairman, IAHR Working Group on Ice Modelling Materials;
- Member, IAHR Working Group on Ice Forces;
- Member, American Towing Tank Conference (ATTC) Committee on Ice Testing

Ms. H.G. Tucker
- Member, Train Dynamics and Lading Damage Committee

Dr. M.M. Vijay
- Founder & President: International Society of Water Jet Technology;
- Founder & Editor: International Journal of Water Jet Technology;
- Vice-President, Water Jet Technology Association (USA)

Mr. D.H. Willis
- Executive, NRC Associate Committee on Shorelines (1990); In 1991, reorganized under Canadian Coastal Science & Engineering Association.

Dr. R.G. Williamson
- Canadian Delegate, International Society for Air Breathing Engines;
- Canadian Coordinator, Field of Propulsion, Commonwealth Advisory Aeronautical Research Council

Mr. J.H.F. Woodrooffe
- Member, TAC Heavy Vehicle Research Coordinating Committee;
- Member, OECD IR2 Scientific Experts Working Group on Highway Suspensions;
- Member, OECD IR2 Editorial Subcommittee

Advisory Board

Members

Mr. Brian Sanders*
Vice President of Engineering
Pratt and Whitney Canada Inc.

Dr. William F. Baird
President
W.F. Baird and Associates

Mr. Bryan D. Cook
Director General
Energy, Mines and Resources

Mr. Gaston Hébert
Vice-président
Ingénierie, recherche et développement
Division du Transport en commun

Dr. J. William Kamphuis
Professor
Queen's University

Dr. William L. Macmillan
Director
Department of National Defence

Mr. Richard A. Neill
President and General Manager
Walbar of Canada

Dr. Pierre Roy
Vice-Président
Recherche et développement
Centre de recherche industriel du Québec

Dr. Martha Salcudean
Professor and Head
University of British Columbia

Mr. A.W. Sinclair
Manager
Forest Engineering Research Institute
of Canada

Dr. Frank R. Wilson
Dean
University of New Brunswick

Mr. R. Jim Wright
President and General Manager
Dimatec Inc.

Ex Officio

Mr. J. Ploeg
Director General
Institute for Mechanical Engineering

Mr. Bert van den Berg**
Manufacturing Technology Centre

* Chairman
** Secretary

National Research Council Canada

The National Research Council of Canada (NRC) is the premier science and engineering organization of the Government of Canada. In 1990-91, it had an annual budget of roughly 400 million dollars and more than 3,000 employees working in research institutes and a variety of programs and facilities across the country. NRC accounts for about 10% of federal expenditures on science and technology, and provides technical advice and assistance to more than 500,000 Canadians annually.

NRC serves the needs of Canadians by helping to maintain and enhance the prosperity and competitiveness of the country through:

- the support of national science and engineering activities;
- the performance of research and development;
- the stimulation of investment in research and development; and
- the development and provision of vital expertise and knowledge.

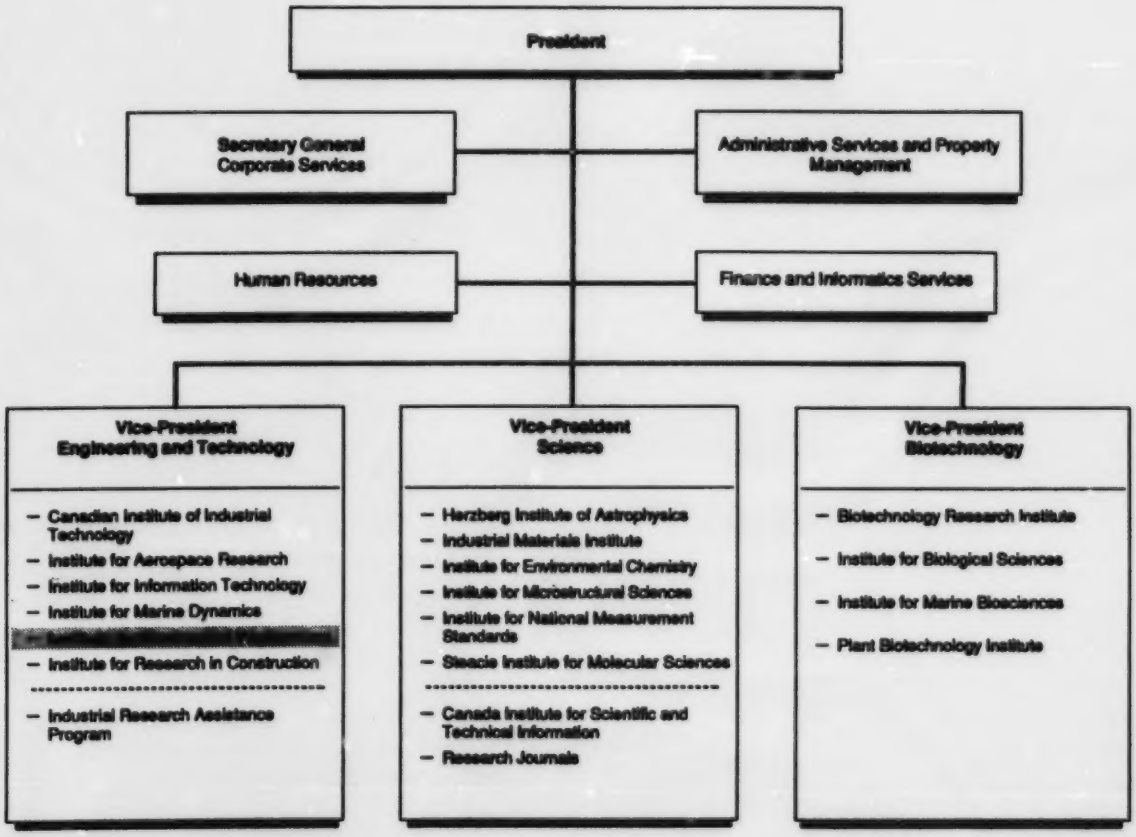
To this end, NRC is both responsive and flexible, achieving its goals in partnership with others, including industry, universities and governments.

Several fundamental corporate values sustain NRC and the activities it carries out and supports:

- NRC is committed to excellence and will maintain the highest possible standards in its work;
- NRC values its employees and has an historical dedication to staff excellence. It has one of the most highly qualified and experienced work forces in Canada;
- NRC values innovation and strongly supports the pursuit of new developments that can improve Canada's social and economic well-being and competitiveness;
- NRC values its partners and clients and knows that Canadians expect it to provide solutions to problems that have not been solved elsewhere;
- NRC is committed to service to the public;
- NRC supports accountability and performs its responsibilities in a manner which constantly ensures that Canada's investments in science and technology are yielding the highest national benefits.

ORGANIZATIONAL CHART

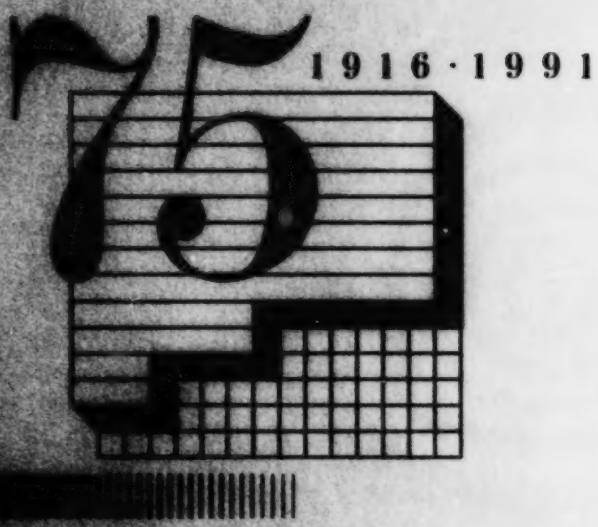
NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA



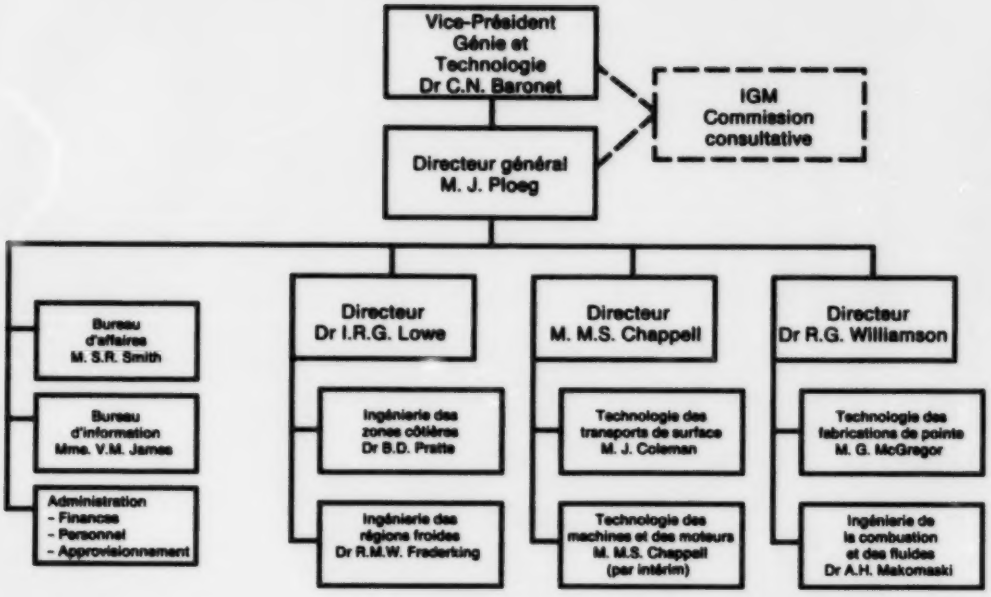
April 1991

CNRC·NRC

Rapport annuel de l'Institut de génie mécanique 1990-91



ORGANIGRAMME
INSTITUT DE GÉNIE MÉCANIQUE



1 avril 1991

Pour de plus amples renseignements veuillez contacter

Conseil national de recherches Canada
Institut de génie mécanique
Édifice J.H. Parkin, M-2
Chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

Bureau d'affaires : (613) 993-5802
Bureau d'information : (613) 993-3974
Télécopieur : (613) 952-6081

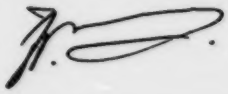
Au service des canadiens depuis 1916

Lettre du directeur general

Nous avons célébré en 1991 le 75ième anniversaire du Conseil national de recherches Canada. Le 1er avril 1991, l'Institut de génie mécanique complétait le processus de restructuration, consolidant ses neufs laboratoires en six programmes de recherche. L'objectif de cette réorganisation était d'aligner nos activités de R et D sur notre nouvel énoncé de mission en mettant l'emphase sur l'application des technologies de génie mécanique aux trois secteurs vitaux de l'économie canadienne: les transports, les matières premières et la fabrication.

La clé pour assurer la prospérité future du pays est d'accroître la productivité et la compétitivité de nos industries canadiennes grâce aux connaissances et à l'expertise qu'un programme de R et D peut apporter. Notre thème pour les années 90 pourrait être *la prospérité par la R et D de l'ingénierie*. Le Conseil s'est donné le mandat ambitieux de doubler, d'ici l'an 2000, le total des investissements canadiens de R et D stimulé et parrainé par le CNRC. L'IGM jouera un rôle prédominant dans cet effort en augmentant le nombre de ses alliances stratégiques et de ses partenaires industriels, et en continuant de développer de meilleures façons de transférer à l'industrie les technologies développées dans nos laboratoires.

Le rapport annuel de 1990/91, décrivant brièvement nos activités de R et D, nos installations et nos réalisations, est l'un des moyens choisis pour nous faire connaître auprès de nos partenaires futurs.



J. Ploeg

Table des matières

Organigramme de l'IGM	Intérieur de la page couverture
Lettre du directeur général	i
Avant-propos	1
Technologie des fabrications de pointe	3
Ingénierie des zones côtières	5
Ingénierie des régions froides	7
Dynamique de la combustion et des fluides	9
Technologie des moteurs à turbines à gaz	11
Technologie des moteurs à pistons et carburants	13
Tribologie et mécanique	15
Dynamique des véhicules	17
Profil des ressources de l'IGM	19
Interactions avec l'extérieur	20
Professeurs auxiliaires	21
Liste des Membres	22
Commission consultative	26
Introduction aux rapports annuels des Instituts	27
Organigramme du CNRC	28

Avant-propos

L'Institut de génie mécanique (IGM) contribue à *la mission* du Conseil national de recherches du Canada qui est de répondre aux besoins des Canadiens en aidant à maintenir et à améliorer le bien-être économique et social de la nation.

«La mission de l'IGM est d'améliorer la productivité, la concurrence, le bien-être social et la qualité de l'environnement du Canada en entreprenant et soutenant la recherche et le développement du génie mécanique dans trois secteurs vitaux de l'économie canadienne – le transport, les industries primaires et la fabrication.»

Pour s'acquitter de cette mission, l'Institut travaille en collaboration avec l'industrie, les maisons d'enseignement, les gouvernements et d'autres organismes. L'IGM possède un programme de recherche stratégique, dont l'orientation est établie par un Conseil consultatif dirigé par l'industrie. Dans ces secteurs, le programme de R-D de l'IGM porte sur quatre questions d'intérêt national: la concurrence industrielle internationale, l'environnement, la souplesse énergétique et la sécurité nationale. *Pour accomplir sa mission, l'Institut:*

- fait de la recherche-développement;
- développe, offre et transfère des compétences et du savoir;
- établit et exploite de grandes installations de recherche technique qui sont à la disposition des collaborateurs et des clients;
- fait des efforts de liaison internationale et de recherche conjointe pour acquérir des compétences et maintenir une présence canadienne en recherche à l'échelle mondiale.

Les objectifs du programme de recherche de l'IGM visent en particulier à améliorer au Canada:

- les véhicules, les systèmes de propulsion et les installations et services liés au transport;
- la conception et l'exploitation des structures maritimes et des autres ouvrages de génie côtier;
- la protection de l'environnement;
- la souplesse énergétique;
- la situation des entreprises engagées dans la fabrication et l'extraction de ressources;
- la conduite de programmes connexes d'autres ministères et organismes publics.

L'efficacité du programme est évaluée selon la qualité et la pertinence des travaux de recherche et des initiatives associées, et selon le degré de satisfaction exprimé par les collaborateurs et les clients.

Un Conseil consultatif de l'IGM a été créé en 1990-1991; il est composé de 12 membres nommés parmi les têtes dirigeantes des secteurs industriel, universitaire et public canadiens. Le Conseil a été créé pour donner son avis sur les priorités et l'orientation des programmes de recherche de l'IGM, et pour examiner le travail de recherche

effectué dans les laboratoires de l'IGM. Le Conseil consultatif se rapporte au Vice-président, Génie et Technologie. (Voir la page 26 pour la composition du Conseil consultatif de l'IGM). La première réunion du Conseil a eu lieu les 25 et 26 avril 1991.

La structure organisationnelle de l'IGM au 1er avril 1991 est indiquée à l'intérieur de la page couverture. Chacun des six programmes de recherche a des effectifs de 25 à 45 personnes. Chaque programme est divisé en sous-programmes, lesquels sont composés de projets. Les projets sont des ensembles de tâches ou de sous-projets connexes comportant des objectifs, des produits à livrer, des ressources, des calendriers, des jalons et des chefs de projets responsables.

L'année 1990-1991 a été marquée par les changements et les ajustements. La Division de génie mécanique s'appelle désormais l'Institut de génie mécanique. Plus important encore, nous nous sommes entendus sur une restructuration de l'Institut et avons consolidé nos activités de recherche en génie mécanique: les neuf laboratoires ont été répartis en six programmes. Le 1er avril 1990, nous exploitions les laboratoires suivants:

- Laboratoire des moteurs
- Laboratoire des combustibles et des lubrifiants
- Laboratoire de dynamique des gaz
- Laboratoire d'hydraulique
- Laboratoire des basses températures
- Centre de technologie de la fabrication
- Laboratoire des systèmes
- Laboratoire de tribologie et de mécanique
- Laboratoire de dynamique des véhicules

La restructuration a commencé en septembre 1990 avec le transfert de la moitié des ressources du Laboratoire des systèmes au nouvel Institut de technologie de l'information. Les autres ressources du Laboratoire des systèmes sont passées aux autres laboratoires de l'IGM, la plus grande partie allant au Laboratoire de dynamique des véhicules. La restructuration a été complétée à la fin de l'année et, le 1er avril 1991, nous avons commencé à exploiter à l'IGM six programmes de recherche:

- Techniques de fabrication de pointe
- Ingénierie des zones côtières
- Ingénierie des régions froides
- Ingénierie de la combustion et des fluides
- Technologie des transports de surface
- Technologie des machines et des moteurs

En définissant ces six programmes. nous avons concentré nos efforts de R-D en génie mécanique sur quelques secteurs qui ont été soigneusement choisis en fonction de leur importance nationale stratégique et qui s'inscrivent pleinement dans l'esprit de la mission de l'IGM.

D'énormes progrès ont été réalisés en laboratoire malgré les nombreuses réunions qui se sont avérées nécessaires pour discuter de la restructuration et de la définition des priorités. Les chapitres qui suivent résument ces réalisations. Une partie importante de notre effort de recherche est orientée vers des questions d'intérêt national comme la sécurité, la santé et la compétitivité. Pour l'essentiel, le travail est aussi directement axé sur la résolution des problèmes à court terme de l'industrie. En 1990-1991, nos recettes de 2,1 millions $ générées par des projets industriels et notre revenu de 3,9 millions $ provenant de l'effort d'autres ministères fédéraux attestent de l'importance et de la pertinence de nos projets de recherche.

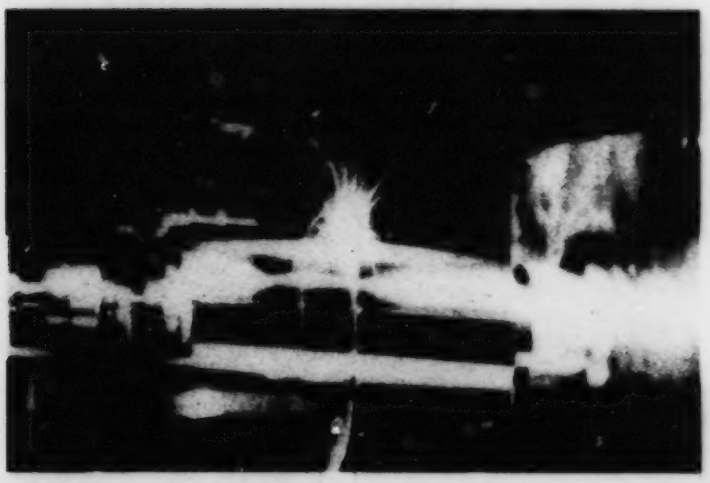
Nous croyons que la consolidation de nos travaux en six programmes nous a placé dans une position encore plus solide pour traiter des besoins des Canadiens en matière d'application de la technologie du génie mécanique dans les années à venir.

Technologie des fabrications de pointe

Le Programme des Techniques de fabrication de pointe (TFP) comporte non seulement un service central de conception et de fabrication à l'intention de tous les instituts de recherche du CNRC, mais aussi un programme de recherche axé sur de nouveaux procédés et systèmes de fabrication ainsi que sur la conception et la fabrication intégrées. Les travaux actuels de recherche portent sur des méthodes d'intégration des outils à CN, l'usinage des matériaux de pointe et à l'aide de ces derniers, le traitement des matériaux au laser et au faisceau électronique, et le prototypage rapide. Les installations sont imposantes: par exemple, une cellule de fabrication souple, diverses machines à CNI, un laboratoire d'usinage industriel au laser, une grande chambre de soudage au faisceau électronique et des installations d'usinage par décharge électrique. Le programme de recherche est étroitement lié à des activités de fabrication connexes dans d'autres instituts du CNRC (ICTI, ITI, IMI et IRA) et comporte aussi une installation de démonstration pratique qui est à la disposition des petites et moyennes entreprises canadiennes qui sont à la recherche de principes de fabrication souples.

Aide à la conception et à la fabrication

La répartition du travail a évolué au cours des ans, allant de seulement d'un soutien aux projets de l'IGM à une aide augmentée aux autres laboratoires et à l'industrie. La ventilation actuelle est la suivante: 60 % aux autres laboratoires et à l'industrie, 30 % à l'IGM et 10 % au programme de recherche sur les TFP. La nature du travail a aussi changé: un pourcentage beaucoup plus élevé des projets exige l'utilisation de techniques de pointe. Comme les pièces doivent être moins nombreuses et les méthodes d'usinage plus perfectionnées, le service de soutien réunit tous les ingrédients d'une petite entreprise de fabrication souple, étant au fait des besoins en fabrication intégrée. Le travail permet aussi d'éprouver l'ensemble du programme et de faire la démonstration de sa pertinence.



ROBOT ASEA – CELLULE DE FABRICATION FLEXIBLE

Chargement d'une ailette vierge de turbine sur une machine à 5 axes

Fabrication intégrée par ordinateur

Des progrès ont été réalisés dans le domaine des logiciels de fabrication intégrée par ordinateur. Le logiciel TOPAC (Tool Path Correction) et la documentation connexe ont été acceptés par Walbar. Ce contrat est maintenant terminé et la recherche d'autres exploitants d'applications automobiles et aérospatiales sous licence se poursuit. La version VAX de CNC-Servant a été cédée sous licence à *ICAM Technologies* et est utilisée couramment par une entreprise de fabrication de Sherbrooke (Québec) depuis le printemps dernier. La procédure interne d'usinage CN de pièces complexes comme des aubages de turbine a été étudiée dans le but de réduire le temps requis pour fabriquer le premier prototype. Une nouvelle sonde de machine-outil a été mise au point, rodée et intégrée au système de commande des cellules où elle peut désormais fonctionner comme un dispositif d'inspection en circuit pour mesurer les pièces semi finies. Par exemple, la vérification de TOPAC a été faite sur la machine-outil (sans utiliser la machine de mesure des coordonnées).

Matériaux de pointe

La recherche sur l'usinage des céramiques dures et d'un nombre limité de métaux durs a démontré la viabilité d'un procédé d'usinage précis ou de finissage au laser YAG ou excimère, mis au point l'an dernier. Des demandes de brevet ont été déposées au Canada et aux États-Unis. Des paramètres ont été établis pour plaquer deux matériaux à base de nickel sur un substrat d'acier doux. Le procédé a servi à réparer une bobine de machine-outil endommagée par dépôt d'un super-alliage au nickel. Le procédé pourrait servir à réparer les aubages de turbine endommagés.

Techniques électromécaniques

Un projet de collaboration avec le *Laser Machining Centre* à Toronto et avec la *Canadian Astronautics* a permis de souder avec succès au laser de très minces couches d'alliage Al 6061. D'autres travaux de collaboration avec l'*Université de Sherbrooke* sur le soudage au laser ont permis de souder des circuits électroniques de commande à l'intérieur d'implants auditifs au titane. D'autres projets de collaboration avec divers partenaires industriels ont porté sur la coupe précise au laser. Par ailleurs, des techniques de soudage au faisceau électronique ont été mises au point pour différentes situations difficiles, et les résultats ont été transférés à l'industrie.

Fabrication de pointe

Ce petit groupe, logé dans l'immeuble de l'ICTI à Winnipeg, a été créé pour examiner des méthodes de production rapide de prototypes à l'aide de techniques intégrées par ordinateur, comme la CAO/FAO, l'usinage multiaxial et la stéréolithographie. Le prototypage rapide par stéréolithographie exige une intégration CAO/FAO complète avec apports de systèmes de CAO 3D. C'est pourquoi la pénétration des marchés est actuellement lente, même si l'industrie manifeste beaucoup d'intérêt pour la nouvelle technologie.

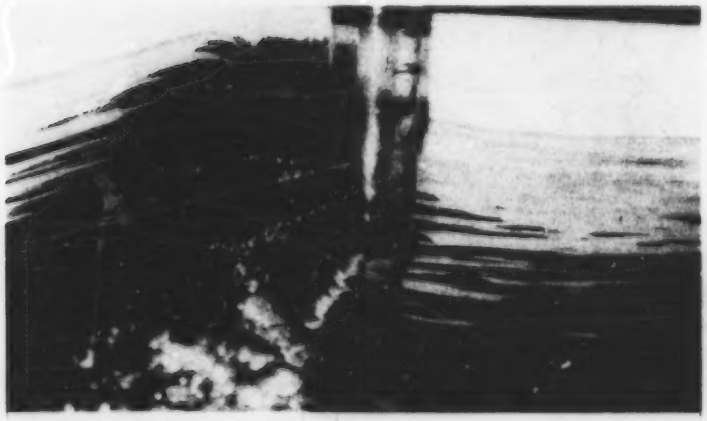
Ingénierie des zones côtières

Introduction

Dans le cadre du Programme d'ingénierie des zones côtières (IZC), des études sont faites sur les effets des vagues, des marées et des courants sur les ouvrages de génie côtier comme les ports, les brise-lames et les installations de protection des rivages et sur les entités naturelles comme les plages et les estuaires. Des modèles physiques, hybrides et numériques sont utilisés, la mise au point de ces derniers étant une des priorités de recherche du Programme. Des compétences reconnues mondialement en matière de simulation des états naturels des vagues dans des bassins de laboratoire sont maintenus par des efforts constants de perfectionnement. Cette technologie est exploitée sous licence et commercialisée dans le monde entier. Les progrès suivants ont été réalisés au cours de la dernière année:

Installations

La construction d'un nouveau bassin de recherche sur les vagues qui doit prendre fin en 1991 a été approuvée, et l'ancien bassin a été démantelé. Le nouveau bassin permettra d'éprouver des ouvrages côtiers à des échelles assez grandes pour éviter les effets des écoulements laminaires. Il rendra aussi possible des efforts poussés de recherche sur la production de vagues dans le but d'étudier l'interaction entre les vagues de gravité superficielles et les vagues de densité internes ainsi que les solitons observés sur le plateau continental. Des experts-conseils en génie côtier ont utilisé abondamment les installations nationales d'IZC.



BASSIN À HOULES MULTIDIRECTIONNELLES
Une vague déferlante sur une structure cylindrique

Modélisation hydronumérique de phénomènes en génie côtier

Un accord de trois ans a été signé avec quatre ministères fédéraux, selon lequel chacun contribuera à l'élaboration de modèles hydronumériques, secteur de recherche qui gagne en importance dans le Programme d'IZC. Des postes de travail Silicon Graphics ont été achetés, et un accord de collaboration a été conclu avec *Hydraulic Research Limited* du R.-U., selon lequel le groupe d'IZC perfectionnera leur programme d'évolution des plages et de transport des sédiments. Des études de modélisation numérique ont été réalisées pour Liverpool Bay (N.-É.), Uprivers Lakes (Minnesota) et Pointe Evatra (Madagascar).

Recherche sur les brise-lames

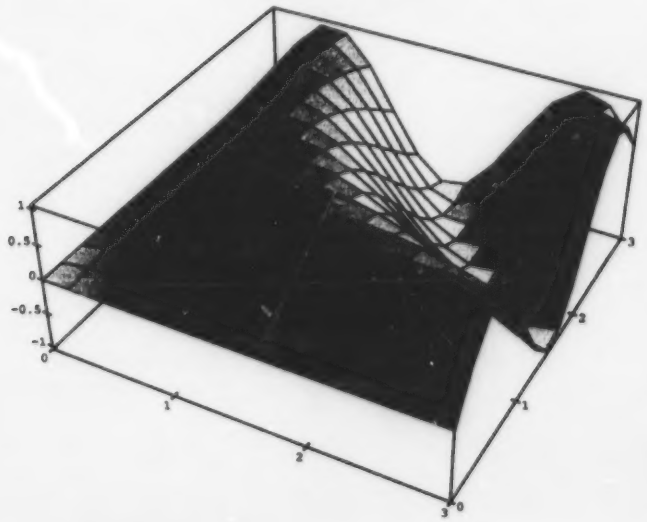
Des études sur modèles physiques de brise-lames ont été menées pour Parson's Pond, Branch Harbour et St. Bride's Harbour (Terre-Neuve). Des experts-conseils ont effectué plusieurs essais de brise-lames dans des installations de laboratoire.

Phénomènes littoraux

Les transformations subies par les vagues près du littoral se sont avérées importantes dans la modélisation des ouvrages côtiers dans les bassins à houle de laboratoire. Il a été démontré qu'au lieu que ce soient les vagues de tempête séculaires en eau profonde, ce sont souvent les petites vagues de tempête annuelles se propageant jusque sur la pente des plages sans se briser qui causent le plus de dommages. Ce résultat a profondément marqué les méthodes d'essai en laboratoire des brise-lames en eau peu profonde.

Modélisation des ouvrages de génie civil dans la zone côtière

Avec la mise en service du nouveau bassin de génie côtier à l'Institut de dynamique marine au milieu de 1990, le Programme d'IZC a été concentré sur les aspects du génie civil des ouvrages de la zone côtière ou littorale. Cependant, une analyse finale et un rapport sur les essais effectués plus tôt sur une plate-forme à lignes tendues ont été préparés pour *AMOCO*.



Exemples de calculs numériques en dynamique des fluides

Dynamique des vagues

Un ingénieur des zones côtières, travaillant dans le cadre d'échanges avec l'*Institut de recherche sur les ports et les havres du Japon*, a fait une grande découverte en science de la dynamique des vagues. À partir d'un nouvel ensemble d'équations qu'il a mis au point, il arrive à modéliser, numériquement, la transformation non linéaire de vagues multi-directionnelles irrégulières causées par l'échouement, la réflexion, la diffraction et la réfraction. Ce modèle trouve des applications dans une gamme de problèmes comme l'échouement sur une plage et sur des îles artificielles.

Le modèle de diffraction d'Isaacson appliqué à l'étude des propriétés statistiques des vagues pseudo-aléatoires 3D a été validé expérimentalement et est donc devenu un outil très utile pour générer des vagues tridimensionnelles.

Un modèle numérique de prévision du rendement des amortisseurs de vagues en métal déployé, brevetés, du CNRC a été mis au point. Il aidera l'exploitant sous licence du CNRC, *Dramex Corporation*, à commercialiser plus efficacement cette technologie dans les laboratoires d'hydraulique à travers le monde.

GEDAP (Generalized Experiment Control, Data Acquisition and Analysis Program)

Ce logiciel a été refondu et amélioré. Ceci a permis une plus grande pénétration du marché par l'exploitant sous licence du CNRC, *Dominis Engineering Ltd.*, et par *W.R. Davis Engineering Ltd.*, exploitant sous licence de la technologie du générateur de vagues segmenté du CNRC qui est commandé par GEDAP.

Ingenierie des regions froides

L'ingénierie des régions froides (IRF) traite des problèmes techniques liés au climat du nord du Canada. Le programme est divisé en deux groupes de projets connexes qui exploitent des installations et un savoir-faire communs. La recherche fondamentale sur les propriétés de la neige, de la glace et du verglas est liée aux problèmes associés à l'exploitation de matériel technique dans des milieux hostiles. Le groupe de la recherche sur les systèmes thermiques étudie des systèmes de réfrigération et de thermopompage, notamment des fluides de remplacement des chlorofluorocarbones (CFC) et de nouveaux caloporteurs pour les systèmes de climatisation des grands immeubles. Les découvertes fondamentales en modélisation numérique de la dynamique des fluides sont appliquées à des problèmes de transfert de chaleur dans les deux domaines. Plusieurs grandes installations nationales d'essai en environnement sont utilisées dans ce Programme.

TEST DE GLACE

Test de dépression à échelle moyenne de couches multiples de glace de mer, sur l'île de glace Hobson's Choice, dans l'Arctique (Printemps 1990)

Installations

Une nouvelle soufflante à vitesse variable a été installée avec son circuit de commande dans la soufflerie d'étude du givre, et du nouveau matériel de mesure précise des spectres des diamètres des gouttelettes d'eau a été mis en service dans la soufflerie. Des contributions ont été faites à une étude mondiale des installations de simulation du givre au sol qui est préparée par un sous-comité du SAE (Society of Automotive Engineers) en collaboration avec l'*Arnold Engineering Development Center* et le *Naval Air Propulsion Center* aux É.-U.

Transfert de chaleur et échangeurs de chaleur

Une étude détaillée a été menée en collaboration avec la Sunwell sur l'aptitude au transport des bouillies de glace pour les systèmes collectifs de climatisation utilisant un générateur de bouillie de cette société. Un poste de travail IBM/RS6000 a été acheté dans le cadre d'une entente d'étude conjointe entre le CNRC et IBM Canada. Cet outil accélérera et améliorera la recherche en modélisation numérique de la dynamique des fluides au sein du groupe d'IRF et de l'IGM en général.

Réfrigérants de remplacement et thermopompes

Plusieurs étapes ont été franchies dans la caractérisation du rendement de certains fluides de remplacement des CFC en collaboration avec *DuPont Canada*. Le HFC-152a et le HFC-134a ont été examinés en tant que substituts d'appoint possibles du CFC-12, et des mesures de transfert de chaleur à la température d'ébullition ont été faites sur un mélange de HCFC-22 et de CFC-114. Un prototype de thermopompe à HCFC-123 produisant de la vapeur à haute température a été expérimenté avec succès pendant 6 500 heures de fonctionnement. Nous sommes maintenant à la recherche de partenaires industriels pour une démonstration pleine grandeur en usine.

Recherche sur l'environnement et le climat

Un rapport intitulé «Freezing Precipitation on Lifting Surfaces» a été présenté à la *Moshansky Commission of Inquiry into the Air Ontario Crash* à Dryden en Ontario. Un nouvel étalon d'essai de givrage par «dégouttement/pulvérisation» pour les régulateurs de pression de gaz naturel a été mis au point avec l'*Association canadienne du gaz* (ACG) et a été adopté dans le code de l'ACG. L'efficacité et les effets aérodynamiques de plusieurs fluides de dégivrage ont été étudiés en collaboration avec *Transports Canada*.

Mécanique des glaces et interactions glace/structure

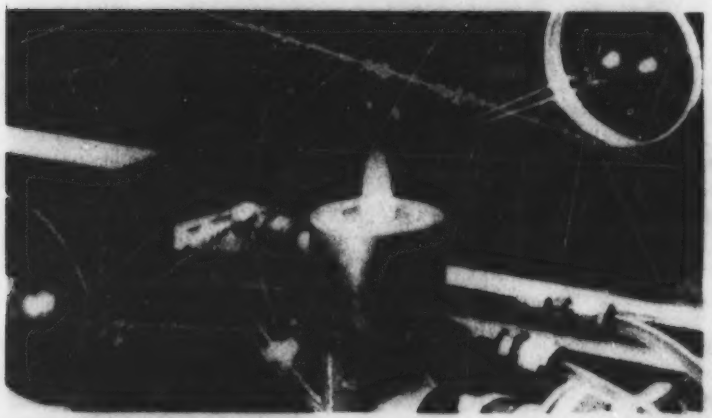
L'intégration du personnel de la mécanique des glaces de l'Institut de recherche en construction est terminée et la responsabilité du bassin des glaces du M-32 est passée au Programme d'IRC. Plusieurs études mixtes ont été menées avec des partenaires canadiens et étrangers. Une d'elles consistait à mesurer sur le terrain dans le haut Arctique les forces d'indentation exercées par la glace sur un élément de structure pleine grandeur. Cette étude mixte a été menée par l'IGM, l'*université Memorial* de Terre-Neuve et *Sandwell Inc.* pour la Garde côtière canadienne et un consortium industriel composé d'*Esso*, de *Mobil*, d'*Amoco* et de *Conoco*.

Essai de conformité du matériel industriel aux normes climatiques

Un ensemble de 25 essais ont été menées: 14 pour l'industrie canadienne, 10 pour la Défense nationale et 1 pour l'industrie étrangère.

Dynamique de la combustion et des fluides

Les sujets de recherche, choisis en fonction des besoins canadiens en matière de transport, d'industrie et de défense, portent sur des aspects particuliers de la combustion continue, du transfert de chaleur transsonique et de l'aérodynamique interne, et sur les nouveaux mécanismes de la coupe par jet d'eau à haute vitesse, sujets qui ont en commun un besoin de compétences en mécanique des fluides et en thermodynamique. Cette recherche est soutenue par des travaux d'élaboration et de validation de programmes informatiques spéciaux de prévision et de conception, tout en y étant étroitement liée. L'ensemble des travaux expérimentaux est réalisable grâce aux grandes installations nationales de compression et d'évacuation d'air qui fournissent l'air aux autres grandes installations de recherche sur les applications de la combustion continue et l'aérodynamique interne, et aux installations de recherche sur les systèmes de propulsion complets exploités dans des conditions simulées de givrage, de vitesse avant et d'altitude. D'importants résultats ont été obtenus l'an dernier:



TECHNIQUES DE DIAGNOSTIQUE DE LA COMBUSTION AU LASER
Spectroscopie Raman anti-Stokes cohérente

Installations nationales

Le compresseur/évacuateur de 8 MW, le compresseur de 5 MW et l'évacuateur de 2 MW sont utilisés dans l'installation d'essai en altitude (exploitée en collaboration avec *Pratt et Whitney Canada*), la soufflerie de propulsion, l'installation de givrage des moteurs et plusieurs installations expérimentales de divers laboratoires faisant de la recherche sur la combustion et l'aérodynamique des turbomachines. Au cours de l'année, à cause de la forte demande de l'industrie, il a fallu maintenir 2 quarts de travail, puis 3 quarts pendant les mois d'hiver. Entretemps, des travaux sur la lutte contre le bruit ont été réalisés pour atténuer des problèmes vécus dans des quartiers. Les recettes ont été meilleures que par les années passées, et les besoins des clients, ainsi que les objectifs de formation du personnel et d'entretien du matériel, ont été satisfaits.

Procédés de combustion continue

Le progiciel de spectroscopie Raman anti-Stokes en lumière cohérente (CARS), mis au point au CNRC avec l'aide conjointe des *ministères de la Défense et de l'Énergie*, a été installé à *ÉMR/CANMET* et au *CRDV de la Défense national*. En appliquant la technique CARS dans des expériences de combustion, on a obtenu des histogrammes de température qui réflètent la turbulence de la flamme. Cela permet de calculer diverses températures moyennes. Grâce aux progrès récents réalisés par cette technique d'analyse, on peut aussi calculer le rapport combustible/azote dans les régions riches en combustible. Dans une autre recherche, les mesures de la température superficielle de la suie ont permis de déterminer l'effet

du préchauffage du mélange combustible-air sur la formation de suie dans des flammes de gaz diffus. On a fait la démonstration d'une nouvelle méthode de vélocimétrie dichrome des images de particules/gouttelettes qui permettrait de mieux comprendre le comportement des combustibles en aérosols. Dans un projet en collaboration avec Westinghouse Canada, plusieurs étapes ont été franchies dans la mise au point d'une chambre expérimentale de combustion de gaz à faibles émissions de NO_x. Avec *Pratt et Whitney Canada*, le rôle des caractéristiques des aérosols dans l'allumage et la stabilité de la combustion a été examiné.

Aérodynamique interne et transfert de chaleur

Une étude expérimentale de la redistribution de la température globale d'un écoulement gazeux dans une cascade plane transsonique à angle de rotation élevé a été réalisée. Les résultats indiquent que la méthode traditionnelle d'analyse des données sur le rendement du rotor est erronée. Les coefficients locaux de transfert de chaleur/frottement superficiel ont été déterminés à l'aide d'un laser puissant en collaboration avec l'*université Queen's*. Les effets des congés au pied sur la formation de tourbillons en fer à cheval ont été étudiés dans la soufflerie de propulsion (projet de collaboration avec l'*université Queen's*) ainsi que dans une cascade plane transsonique (avec *Pratt et Whitney Canada*). Dans un travail séparé, un problème industriel a été résolu avec la conception et la mise au point d'une tuyère à écoulement laminaire pour refroidir un tuyau en cours de laminage à froid dans un laminoir à pas de pèlerin, et un dispositif pour mieux éliminer les sécrétions des poumons des malades atteints de fibrose kistique a été mis au point en collaboration avec l'*Hôpital général d'Ottawa*.

Modélisation numérique de la dynamique des fluides et thermodynamique

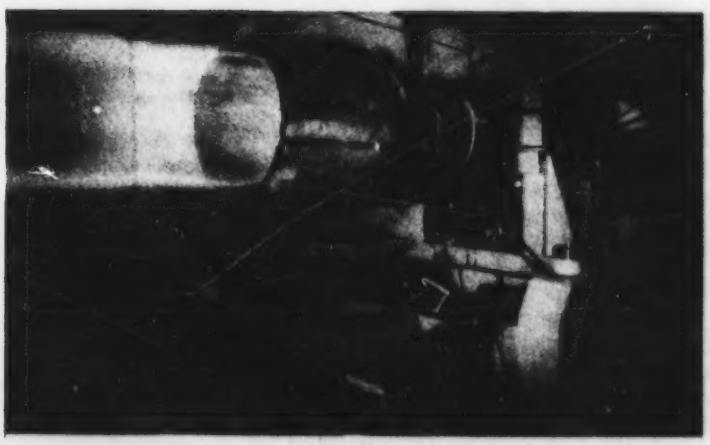
Le travail dans ce domaine comprend un projet en cours sur la mise au point d'un programme interne, TURCOM, visant à améliorer les sous-modèles qui décrivent les processus de la combustion et de l'écoulement des fluides, ainsi qu'un travail exploratoire sur les programmes commerciaux existants. La recherche en cours révèle que la méthode Monte Carlo de calcul des fonctions de densité de probabilité peut être intégrée dans TURCOM pour tenir compte de l'interaction physique réelle entre la turbulence et les réactions chimiques à vitesse finie. Entretemps, la présente version de TURCOM a été appliquée avec succès à la résolution de divers problèmes industriels dans des domaines aussi variés que la combustion de gaz, les écoulements internes à nombre de Mach élevé et la cavitation dans les jets d'eau à haute vitesse. Un «groupe d'utilisateurs universitaires» qui ferait intervenir 5 universités canadiennes dans l'effort de perfectionnement conjoint de TURCOM est en voie de création. L'expérience acquise avec le programme commercial FLOW3D a aidé à déterminer les limites du modèle de turbulence k-ϵ.

Jets d'eau à haute vitesse

La plupart des efforts de recherche de l'an dernier ont été faits dans le cadre d'un projet de collaboration avec le consortium *HDRK*. L'utilisation de jets d'eau pour faciliter la coupe de la roche dans le domaine des mines est étudiée, notamment les jets modifiés (c'est-à-dire avec entraînement d'abrasifs, pulsés ou avec cavitation accentuée). La première étape a été un succès, et le consortium a accepté d'autres propositions de travaux.

Technologie des moteurs à turbines à gaz

La recherche dans ce secteur du programme a été adaptée aux besoins des fabricants et des utilisateurs de turbines à gaz, et elle porte sur tous les aspects du rendement et du fonctionnement des moteurs, y compris les vibrations, les problèmes liés au bruit et l'aérodynamique. Une grande partie de cette recherche sur les vibrations et l'acoustique, qui découle des progrès de la technologie de pointe des turbines à gaz, débouchera tôt ou tard sur des applications dans les domaines de l'automobile et de la dynamique des machines. D'autres travaux sur les turbines à gaz portent sur l'exploitation de cellules d'essai des gros moteurs en tant qu'installations nationales; le but est d'améliorer la précision, la répétabilité et l'efficacité des essais, et à normaliser les techniques d'essai pour permettre une comparaison précise et économique des résultats sur le rendement des moteurs. La plupart des travaux dans le cadre de ce projet sont faits à la demande de *la Défense* pour constituer une source indépendante de connaissances, de moyens d'essai et de matériel de recherche spécial qui répondent aux besoins canadiens. Des résultats importants ont été obtenus l'an dernier dans ces domaines:



RENDEMENT DES MOTEURS D'AÉRONEFS
Un moteur F-404 en puissance maximum

Surveillance de l'état des systèmes de propulsion

La sensibilité du rendement global à la détérioration des composantes est évaluée par remplacement contrôlé des pièces usées ou endommagées. Une première étape de ce travail a consisté à démonter et remonter un T56 sans remplacer aucune pièce pour déterminer la sensibilité de son rendement à des changements raisonnables. Un programme expérimental de mesure des effets de revêtements pour compresseurs de T56 sur le rendement a été réalisé. Dans un travail connexe sur un moteur J85, un modèle d'évaluation du rendement en régime transitoire a été validé et une série d'essais a permis de constituer une bibliothèque des erreurs dans les contrôles.

Techniques expérimentales d'évaluation du rendement

La participation du laboratoire, au nom du Canada, au programme uniformisé d'essai des moteurs parrainé par l'AGARD (OTAN) a mené à la préparation de rapports finals ainsi qu'à la tenue d'une série de conférences sur l'évaluation comparative des rendements. Un rapport a été préparé sur les directives à suivre pour la construction et l'exploitation d'installations d'essai des moteurs à turbine, et un effort de recherche considérable a été consacré à l'étude des effets de la température et de l'humidité ambiantes sur le rendement des turbines à gaz. Le CNRC a contribué à un effort international conjoint d'évaluation analytique et expérimentale du capteur de poussée en temps réel d'un moteur F404,

et la corrélation de la cellule d'essai des F404 avec le fabricant américain, *General Electric Ltd.*, a été rationalisée.

Études d'aéropropulsion

Des travaux expérimentaux ont été réalisés dans les domaines suivants: effets d'un essai de carburant militaire stratégique sur le rendement d'un moteur T56 en mission accélérée de 150 heures, et programmes de givrage menés par *Pratt et Whitney Canada* sur une turbosoufflante PW305 et un turbopropulseur PW124. En outre, des études de simulation sur ordinateur ont été entreprises pour *la Défense* pour satisfaire aux exigences d'une évaluation technique étrangère. L'aide et la participation offertes à l'AGARD et au TTCP ont permis d'établir des liens internationaux et d'obtenir des renseignements utiles.

La surveillance de l'état des machines et le bruit

Une technique faisant intervenir les transformations d'Hilbert a été mise au point pour détecter les défauts imminents dans les engrenages, et les frottements dans les compresseurs. Une autre approche à la détection des défauts dans les engrenages par les résonances du système est aussi en cours d'examen, et une méthode particulière d'analyse des vibrations dans la boîte de vitesses principale de l'hélicoptère Sea-King a été établie pour *Spar Aerospace Ltd.* Des données fondamentales sur les vibrations ont été obtenues à la suite d'un essai interne de turbines à gaz T56 et F404, ainsi que du *Lewis Research Center de la NASA* pour les boîtes de vitesses H58. L'analyse est en cours. Cet essai de T56 et de F404 a aussi permis de recueillir et d'analyser des données du capteur de débris dispersés dans la trajectoire des gaz, et de quantifier de l'information sur les débris d'huile en circuit. La recherche en acoustique a porté sur l'élaboration d'une technique de vannage pour évaluer le rendement par des mesures d'intensité sonore, sur l'analyse des mesures de pression résiduelle et sur l'évaluation préliminaire des techniques de balayage acoustique. Une étude sur le bruit dans l'éolienne ÉOLE a aussi été effectuée.

Études poussées d'aérodynamique

Un travail expérimental, mené dans une grande installation à turbine transsonique en collaboration avec *Pratt et Whitney Canada*, s'est poursuivi avec l'essai d'une série de variantes de tuyères. L'effet des conditions d'aval a aussi été exploré, et une étude des effets de l'interstice des aubes sur le rendement du rotor est en cours. L'installation prévue d'un système laser L2F a été facilitée par le détachement d'un employé dans un laboratoire allemand spécialisé dans la technique. Dans une autre recherche, des mesures de distorsion de la pression et de tourbillonnement à l'entrée ont été prises sur un modèle de l'installation des moteurs de frégate de patrouille de la Marine; une méthode de calcul des effets de blocage dans les souffleries a été mise au point, et un rapport final sur les techniques de mesure des écoulements de réfrigérant dans la salle des moteurs d'automobile a été présenté.

Applications des systèmes experts

Le progiciel JETA (Jet Engine Trouble-shooting Advisor) mis au point en collaboration avec l'Institut de technologie de l'information du CNRC a été amélioré en termes d'algorithmes de raisonnement, de base de connaissances, d'interface avec l'utilisateur et de sous-système explicatoire. Les études d'implantation des défauts, d'analyse des données et de prévision des défauts se poursuivent sur un turboréacteur J85; les essais expérimentaux sont terminées et les techniques d'apprentissage automatique sont en cours d'élaboration.

Technologie des moteurs à pistons et carburants

L'objectif de ce secteur est de produire des résultats expérimentaux qui, quoique complets en soi, dressent collectivement un tableau d'ensemble du rendement en combustion des moteurs diesel. Les sujets de recherche comprennent des études de caractérisation des carburants en termes d'allumage, de combustion et de production de polluants, de caractérisation des aérosols intermittents, de détonation et de combustion intermittente, ainsi que des études sur les émissions et les particules d'échappement. Une recherche visant à améliorer le rendement des moteurs par l'utilisation d'éléments en céramique est aussi en cours. D'autres travaux portent sur des aspects tels que la mise au point de produits étalons et des essais de conformité à ces étalons, la sécurité et les systèmes de prise en charge du carburant et d'alimentation régénérative axés sur l'économie d'énergie. Les principaux résultats obtenus l'an dernier sont les suivants:

Combustion et carburants

L'installation du système de combustion turbulente de carburants prémélangés est terminée, et des modèles de combustion pour les différents régimes de combustion, basés sur une structure de turbulence à échelle réduite, ont été formulés. Dans d'autres travaux sur les procédés de combustion, un modèle de propagation turbulente de la flamme, basé sur la géométrie des fractales, a été formulé. Un travail expérimental sur les flammes à diffusion laminaire a permis d'identifier les effets de la température de la flamme et de la structure du carburant sur la formation de la suie. L'amélioration du système de déphasage Doppler a permis de réaliser un autre travail expérimental sur la caractérisation des carburants en aérosols.

Carburants de remplacement et technologie de la combustion dans les moteurs à explosion

Des évaluations de plusieurs véhicules en cours de démarrage à froid ont été menées pour le compte de *Transports Canada* dans le but de définir les problèmes que pourraient poser les moteurs à alimentation mixte (essence/méthanol). La luminosité de la flamme du méthanol est le sujet d'une étude associée de deux ans. Un autre travail, réalisé pour *la Défense*, vise à évaluer les possibilités d'améliorer le rendement et les émissions des moteurs diesel en isolant la chambre de combustion.

Surveillance de l'état des moteurs diesel

Une étude de faisabilité de la technique ICAV (Instantaneous Crankshaft Angular Velocity) comme outil de diagnostic pour les locomotives a été réalisée dans le cadre d'un contrat avec *Burlington Northern* et *CP Rail*. En outre, le prototype du logiciel de reconnaissance des diagrammes ICAV, qui sert à diagnostiquer une mauvaise répartition de la puissance entre les cylindres, est en cours d'élaboration pour le compte de *la Défense*. La technologie est en voie d'être brevetée et exploitée sous licence.

Soutien analytique et sécurité

L'an dernier, un soutien analytique à l'étude de 16 accidents d'aéronef a été fourni au *Bureau de la sécurité des transports du Canada*. Un gros travail de soutien en matière de mesure d'émissions et d'analyse de carburants et de produits connexes a aussi été entrepris pour le compte d'un grand nombre d'autres laboratoires du CNRC, d'autres ministères, d'organismes de recherche, d'agences et d'industries, et a abouti à la préparation de 30 rapports d'essais analytiques.

Tribologie et mecanique

Le programme de recherche en tribologie comprend des études sur les caractéristiques de frottement, d'usure et de lubrification des matériaux et des composantes des systèmes mécaniques comportant des mouvements de glissement, de roulement et d'impact, dans le cadre d'essais de simulation à l'échelle réduite des conditions d'utilisation finale. Des expériences de laboratoire, complétées le cas échéant par une modélisation théorique et des essais sur le terrain, sont menées pour résoudre des problèmes pratiques et examiner les principes des phénomènes de l'usure, du frottement et de la lubrification. Les principaux résultats obtenus l'an dernier sont les suivants:

Frottement et usure des matériaux non métalliques

La visualisation des interfaces a permis de mieux comprendre la dynamique des débris d'usure dans des contacts coulissants conformés et d'en établir un modèle physique préliminaire. En guise de contribution au suivi d'un contrat antérieur avec l'*Alcan*, une évaluation de l'usure dans des matériaux composites carbone-carbone redensifiés a été entreprise. Un autre travail de collaboration avec l'*université Simon Fraser* a porté sur les caractéristiques de frottement et d'usure du MoS_2, un lubrifiant solide appliqué en couches minces.

Tribologie des contacts de roulement

Un programme de recherche mené en collaboration avec *Skytrain* et l'*université de Cambridge* a permis de comprendre les principes des phénomènes par lesquel il se produit des vibrations dans les roues et de petites ondulations dans les rails des systèmes de transport rapide par rail. D'autres travaux internationaux se poursuivent sur les aspects théoriques. Six réseaux de transport en commun ont désormais adopté les lubrifiants solides avec table de roulement à frottement positif élevé et (ou) boudin à faible coefficient de frottement, mis au point en collaboration avec *Century Oils*. Ces lubrifiants sont à l'essai dans 90 autres réseaux dans le monde. La recherche sur les lubrifiants à forte adhérence qui améliorent la traction des locomotives se poursuit. Les travaux se poursuivent sur les applications du meulage des rails et l'optimisation de la technique.

Phénomènes d'usure et de frottement liés aux vibrations

La recherche stratégique visant à produire un modèle de prévision de l'usure par vibration/impact a mené à la publication de 3 mémoires. Côté applications, un contrat de recherche a été entrepris pour le compte *d'Esso Ressources* sur l'usure des composantes de puits de pétrole fond de trou et pour le compte de la Domtar sur le frottement dans les machines à papier.

Paliers à pellicule de liquide

Des modèles thermodynamiques de paliers de tourillon turbulents de grand diamètre ont été élaborés et validés pour *Hydro Ontario*. Dans un autre travail, les premiers efforts de mise au point de paliers de tourillon plus efficaces laissent entrevoir la possibilité de températures de palier beaucoup plus basses. La collaboration internationale dans ce domaine se poursuit. Le but d'autres recherches, menées en collaboration et à contrat, est d'étudier: les joints de puits de pétrole pour paliers verticaux; les ruptures de paliers dans le moteur F404; et la surviabilité des paliers de tourillon vidés.

Synthèse des vibrations et des mécanismes dans les machines

En vertu d'une entente avec l'Université d'Ottawa et en collaboration avec *Unique Mobility Inc.* (filiale d'*Alcan*), on a effectué une analyse de la vitesse critique du rotor d'un système de stockage de l'énergie dans un volant d'inertie tournant à haute vitesse. Une analyse des vibrations et des conseils d'experts ont aussi été fournis à d'autres clients industriels. Dans le domaine des mécanismes, les essais sur le terrain du chariot de débusquage se poursuivent, et des travaux de conception d'autres engins agricoles ont été entrepris.

Dynamique des véhicules

Le programme de dynamique des véhicules porte sur la dynamique des véhicules lourds, tant ferroviaires que routiers, en vue d'améliorer la rentabilité de ces modes de transport et la sécurité publique. Pour mener à bien sa R et D, le groupe maintient des installations nationales uniques qui sont aussi à la disposition de clients oeuvrant dans le transport terrestre.

Le Programme de la technologie du transport terrestre a été lancé le 1er avril 1991 et s'inscrit dans le plan de rationalisation des programmes de l'IGM avec l'amalgamation de plusieurs parties constituants.

En 1990-1991, le groupe de modélisation des rails du Laboratoire des systèmes a été fusionné avec le groupe de la dynamique des véhicules. (Le reste du Laboratoire des systèmes a été transféré à l'Institut de la technologie de l'information.) Le personnel du Laboratoire de tribologie et de mécanique de l'IGM à Vancouver, qui est spécialisé dans la tribologie des contacts de roulement roue-rail, assure un soutien au programme, même s'il fait toujours partie des effectifs de Vancouver. À l'occasion du 75e anniversaire du CNRC, la série annuelle de conférences universitaires de la SCGM a porté sur «*La science des wagons*» et a été tenue dans les 27 universités canadiennes dotées d'un département de génie mécanique (résumé paru dans le bulletin de la SCGM de juin 1991).

TABLE D'INCLINAISON

Vérifie le seuil de renversement d'un véhicule

Installations

Le *simulateur de voies courbes*, unique en son genre au Canada, est conçu pour mesurer divers phénomènes associés au galop et à la courbure des wagons, notamment les forces et les accélérations. Le simulateur et les mécanismes de commande de la vitesse sont fins prêts pour un premier essai formel sur voie en alignement.

Le *banc d'essai de roues, de paliers et de freins*, conçu pour faire des mesures sur les roues, les paliers et les freins dans des conditions réelles contrôlées d'une voie ferrée a été mis en service. D'importantes améliorations ont été apportées au *cadre de compression pour véhicules*, à l'*installation de vibration pour véhicules* et à l'*installation de mesure des suspensions de camion*.

R et D sur les véhicules

Une nouvelle méthode de «mesure en trois points» (critères et seuils) a été mise au point pour évaluer le rendement des camions lourds. Un mémoire revu par un comité de lecture a été présenté à la réunion annuelle d'hiver de l'SAGM.

De nouveaux modèles de simulation sur ordinateur ont été mis au point pour prévoir le comportement directionnel de quatre types de camions de transport du bois. (Un mémoire revu par un comité de lecture a été accepté pour publication dans *International Journal of Vehicle Design.*)

Les modèles informatiques existants de l'UMTRI (*University of Michigan Transportation Research Institute*) ont été améliorés dans le but de redéfinir les critères de rendement invoqués pour évaluer le comportement des véhicules lourds (un mémoire revu par un comité de lecture a été accepté pour publication dans *International Journal of Vehicle Design*).

Des recommandations ont été faites à l'*Association des transports du Canada* et au *ministère des Transports du Québec* concernant le rendement des tracteurs à faible empattement et l'installation d'une cinquième roue; leurs incidences sur la réglementation pour les administrations publiques provinciales sont en cours d'évaluation.

Une analyse a été faite pour *Transports Canada* sur la rentabilité de la mise au point d'un dispositif d'avertissement en cas de capotage d'un véhicule lourd, de sorte que TC est en train de réorienter ses efforts vers la mise au point d'un indicateur de stabilité en roulis.
Un nouvel effort de collaboration a été lancé entre *British Rail*, l'*université de Cambridge* et l'*université de Berlin* pour étudier la cause de l'ondulation de faible amplitude des rails de chemin de fer.

Des analyses et des recommandations ont été faites à l'intention du *Solliciteur général du Nouveau-Brunswick* quant aux causes d'un accident impliquant un camion chargé de bois près de Cormier Village (N.-B.).

De nouvelles méthodes d'essai et de certification des avant-trains C ont été élaborées et recommandées à l'*Association des transports du Canada*. Elles ont été adoptées par des organismes de réglementation provinciaux; les premiers essais et les premières certifications ont été faits en conséquence.

Profil des ressources de l'IGM

PROJET	RESSOURCES HUMAINES (A/P) Personnel	Revenus A/P	Chercheurs invités	Étudiants	DÉPENSES ($) Opérations	Capital Secondaire	Capital Principal	REVENUS ($) Capital	Revenus AF
Administration	15,5	0	0	0	652.5	86,2	0	0	0
Applications de la technologie des ordinateurs[1]	7,2	0	0	0	168,3	96,0	0	95.6	2,3
Dynamique de la combustion et des fluides	24,6	2	2	1,0	385,2	281,3	0	394,5	489,7
Dynamique des véhicules	24,3	3	1,1	0,8	241,7	162,2	0	202,2	62,1
Ingénierie des régions froides	20,3	1	1	0,8	288,6	145,5	0	562,3	1 110,2
Ingénierie des zones côtières	27,4	3	1,8	1,1	349,8	302,7	262,0	334,6	197,7
Tehnologie des fabrications de pointe	41,6	0	0	0,4	214,7	256,7	0	141,5	0
Technologie des moteurs à pistons et carburants	18,1	0	1,0	0,4	161,7	300,8	0	68,1	711,2
Technologie des moteurs à turbine à gaz	23,4	1	1,1	1	155,4	40,1	0	60,5	1 344,8
Tribologie et mécanique	17,8	1,4	2,7	0,8	211,1	132,5	0	242,7	0
	220,2	**11,4**	**10,7**	**6,3**	**2 829,0**	**1 804,0**	**262,0**	**2 102,0[2]**	**3 918,0**

[1] Les ressources indiquées couvrent la période du 1er avril 1990 au 31 août 1990. Ce projet fut transféré à l'Institut de technologie de l'information.

[2] Le total ne prend pas en considération l'apport des visiteurs du domaine des sciences ou travailleurs invités.

Interactions avec l'extérieur

A) Revenus

Les revenus de l'IGM (voir le Profil des Ressources) sont obtenus selon les mécanismes suivants:

a) Les revenus provenant de clients du secteur privé pour des services de recherche qu'ils ont sollicités. En 1990-91, l'IGM a eut quatorze (14) clients dont chaque contrat s'élevait à plus de 50 000 $; les revenus cumulatifs pour ce groupe étaient de 0.7 M $. Le reste des revenus (1.4 M $) provenaient de plus petites transactions (moins de 50 K $) avec plus de 100 compagnies.

b) Des arrangements financiers s'élevant à 3.9 M $, furent reçus de différents ministères et agences du gouvernement:

- *Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada*
- *Bureau canadien de la sécurité aérienne*
- *Garde côtière canadienne*
- *Agence canadienne de développement international*
- *Ministère de la défence nationale*
- *Énergies, mines et ressources Canada*
- *Pêches et Océans*
- *Travaux publics Canada*
- *Transport Canada*

c) Les projets de recherches conjointes impliquent habituellement des ressources (humaines, matérielles, et/ou financières) qui sont défrayées par l'Institut et ses collaborateurs. Avec ces contibutions, la valeur nette des investissements de l'IGM (utilisation du matériel, années personnes et dépenses) pour les quelques vingt projets de recherches conjointes représente approximativement 1.2 M $. Les données correspondantes de ces projets pour les collaborateurs ont été estimées à 1.4 M $. (Il est à noter que ces chiffres inclue seulement les ressources des clients qui sont directement liées aux projets: ceux-ci pourraient être beaucoup plus élevés si les évaluations étaient faites selon une interprétation plus large des dépenses de recherches encourues par les collaborateurs.)

B) Travailleurs invités

Notre Institut eut le privilège de profiter de la contribution et de la présence de plus que vingt travailleurs invités ainsi que de visiteurs du domaine des sciences pour une période équivalente à 10.7 années personnes. Voici quelques uns des organismes de parrainage:

- Ministère de la Défense nationale
- Énergie, mines et ressources Canada
- PAPRICAN
- Simon Fraser University
- Unique Mobility Inc.
- University of British Columbia
- Automotive Industry Corporation, Chine
- Beijing Agricultural University, Chine
- Institute of Mining Technology, Chine
- Tianjin Resources Institute, Chine
- FKW GmbH, Allemagne
- Port & Harbour Research Institute, Japon
- Department of Scientific and Industrial Research, Nouvelle-Zélande

Bien que ce ne soit pas considéré comme un revenu, la présence des «travailleurs invités» et des «visiteurs scientifiques» représentent pour l'IGM une contribution de plus de $0.6 millions.

Professeurs auxilliaires

Dr V. Barthel
Département de génie civil
Université d'Ottawa

Dr K.R. Brockwell
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

Dr R.V. Dukkipati
Faculté de génie mécanique
Université Concordia
Faculté de génie mécanique
Université de Western Ontario

Dr R.M.W. Frederking
Faculté de génie et science appliquée
«Ocean Engineering Research Centre»
Université Memorial

Dr R.P. Gupta
Département de génie électrique
Université McGill

Dr H.M. Hawthorne
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

M. J. Kalousek
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

M. P.Y. Kim
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

M. P.L. Ko
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

Dr E.P.D. Mansard
Département de génie civil
Université de Laval

Dr N.K. Sinha
Faculté de génie
Université d'Ottawa

Dr G.W. Timco
Faculté de génie et science appliquée
«Ocean Engineering Research Centre»
Université Memorial

Dr M.M. Vijay
Colorado School of Mines

Liste des membres

Dr K.R. Brockwell
- Secrétaire exécutif, Comité associé sur la tribologie

Dr G.R. Campbell
- Association canadienne des normes (ACN), W117.2 M87 Sous-comité, «Safety in Welding, Cutting and Applied Processes», Sections 7.1 et 7.2.

Dr W.E. Carscallen
- Membre associé, «Queen's Heat Transfer Laboratory» – Université Queen's, Département de génie mécanique;
- Membre du Comité d'organisation et Président de session pour le «1992 CAN-CAM Conference».

M. J. Coleman
- Président, Association des transports du Canada (ATC), «Heavy Vehicle Research Coordinating Committee»;
- Membre, ATC, «Research and Development Council»
- Président, «Train Dynamics and Lading Damage Committee»
- Membre suppléant du CNRC, «Railway Research Advisory Board».

M. M.H. Davies
- Secrétaire, «Canadian Coastal Science & Engineering Association (1991)» (anciennement le Comité associé d'étude de littoraux, en 1990-91).

Dr R.V. Dukkipati
- Membre, Conseil de rédaction, «International Association for Vehicle System Dynamics».

Dr M. El-Gindy
- Membre, CDT, Comité de direction, «Concordia Expert System Project».

M. T.D. Faure
- Membre, Énergie, mines & ressources (CANMET) «Technical Advisory Committee on Small and Low Head Hydro».

Dr R.M.W. Frederking
- Membre, «Committee of Ice Experts, Northumberland Strait Crossing Project»;
- Membre, «Interdepartmental Committee on International Science and Technology Relations – Cold Regions»;
- Membre, «PERD Program Committee 6.2 – Marine Engineering»

Dr O.L. Gulder
- Président, «Combustion Institute – Canadian Section»;
- Membre, «Board of Directors, Institute for Liquid Atomization and Spray Systems»;
- Membre canadien du Comité exécutif, «Energy Conservation in Combustion – International Energy Agency»;
- Membre, Commission de rédaction, «Journal of Atomization and Sprays». Conseiller scientifique, «Canadian Space Agency on Microgravity Combustion»;
- Membre du Comité, «PERD 1.5 and PERD 5.5».

Dr R.P. Gupta
- Membre, «International Energy Agency (IEA) Advanced Fluids Group».

Mme V.M. James

- Membre, Femmes en sciences et en génie.

Dr P.L. Ko

- Membre exécutif, «British Columbia Section of American Society of Mechanical Engineers (ASME)».

Dr G. Krishnappa

- Membre, «Technical Committee on Noise, Acoustical Society of America»;
- Membre, Commission consultative de la rédaction, «Noise Control Engineering Journal, (USA)»;
- Président, «International Advisory Board for INTER NOISE 92»;
- Membre, Comité scientifique, «Second International Congress on Recent Developments in Air & Structure-Borne Sound and Vibration»;
- Agent canadien, «TTCP Technical Panel HTP-7 Helicopter Drive Train Monitoring and Engine Vibration Analysis»;
- Représentant canadien, «International Electrotechnical Commission IEC/TC 29/WG 11 Instruments for the Measurement of Sound Intensity»;
- Représentant canadien, Organisation des normes internationales (ISO)/TC 43/WG 25, «Determination of Sound Power Using Sound Intensity Measurements»;
- Président, «American National Standards Institute (ANSI) S1-12 Instruments to Measure Sound Intensity»;
- Membre, «S12-21 Determination of Sound Power Using Sound Intensity».

M. J.W. Linton

- Correspondant, «American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Technical Committee 9.4»;
- Coordonnateur canadien, «International Energy Agency (IEA) Annex 18, 'Thermophysical Properties of the Environmentally Acceptable Refrigerants'».

Dr I.R.G. Lowe

- Vice-président principal, Société canadienne de génie mécanique;
- Membre, Comité national canadien, «International Union of Theoretical and Applied Mechanics».

Dr E.P.D. Mansard

- Représentant canadien, «International Working Group on Extreme Wave Statistics»;
- Représentant canadien, «Permanent International Association of Navigation Congresses Working Group 12 on Rubble-mound Breakwaters»;
- Représentant canadien, section Maritime, Association internationale de recherches hydrauliques;
- Représentant pour le Conseil national de recherches sur le Comité canadien national pour le Comité de génie sur les ressources océanique;
- Coordonnateur, «France-Canada Scientific cooperation in Sedimentary Hydrodynamics»;
- Coordonnateur, «Japan-Canada Scientific Cooperation in Coastal Engineering».

M. J.D. MacLeod

- Membre, «Society of Automotive Engineers (SAE) EG-1E Gas Turbine Engine Test Facilities and Equipment Committee».

M. G. McGregor

- Conseil d'administration, Association canadienne de lasers industriels.

Dr M.M. Oleskiw

- Président, «Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C, Panel on Atmospheric Icing Characterization»;
- Membre, Comité de consultation scientifique, «Instrumar Wind Icing Detector Development», CDT, Transports Canada;
- Membre, «Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C Aircraft Icing Technology Subcommittee»;
- Membre, «Society of Automotive Engineers (SAE) AC-9C-90-1 Panel on Icing Facility Characterization»;
- Membre, «Icing Technology Activity, Propulsion and Integration Testing and Evacuation. Annex to US-Canada Master Data Exchange Agreement».

Dr B.D. Pratte

- Énergie, mines & ressources, «PERD 6.2 Marine Engineering»;
- Membre, Énergie, mines & ressources (CANMET), «Technical Advisory Committee on Small and Low Head Hydro».

M. D.M. Rudnitski

- Membre, Groupe consultatif pour la recherche et les réalisations aérospatiales (GSRRA), Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN), «Propulsion and Energetics Panel – Panel Member and Canadian Panel Coordinator»;
- Président, «WG-23, Transient Measurements in Gas Turbines»;
- Président et Leader pour le Canada, «TTCP Technical Panel 7 – Propulsive and Mechanical Systems, Condition Monitoring and Diagnostics»;
- Membre, Industrie, sciences et technologie Canada (ISTC), Groupe d'examen du programme «Pratt & Whitney R&D Program»;
- Agent du personnel du CNRC, «Master Data Exchange Agreement (MDEA) Propulsion and Integration Testing and Evaluation».

Dr M.S. Sayed

- Membre, AIRH «Working Group on Ice Forces».

Dr U.W. Schaub

- Membre, «Society of Automotive Engineers (SAE) E33-C Measurement Uncertainty in Gas Turbines»;
- Membre, «Society of Automotive Engineers (SAE) Aerodynamics Cooling Subcommittee».

Dr N.K. Sinha

- Membre du Comité exécutif, «Constitutive Equations Committee of ASME»;
- Membre, «RILEM (International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures) Technical Committee, 'Ice and Construction'»;
- Membre, du Comité exécutif, «OMAE (Offshore Mechanics and Arctic Engineering) Division of ASME»;
- Coordonnateur, «Arctic/Polar Symposium of 11th Conference of OMAE», juin 7-12, 1992, Calgary, Canada.

M. W.K. Snelson
- Délégué canadien sur le Comité exécutif, «International Energy Agency (IEA) Advanced Heat Pumps Implementing Agreement»;
- Membre, «International Energy Agency (IEA) HEAT Pump Centre, Canadian National Team»;
- Membre, «PERD Program Committee 1.2 – Industry»;
- Membre, «PERD Program Committee 1.7 – Energy Systems».

Dr G.W. Timco
- Représentant canadien, Association internationale de recherches hydrauliques (AIRH), Étude des glaces et engineering;
- Président, AIRH, «Working Group on Ice Modelling Materials»;
- Membre, AIRH, «Working Group on Ice Forces»;
- Membre, «American Towing Tank Conference (ATTC) Committee on Ice Testing».

Mme H.G. Tucker
- Membre, «Train Dynamics and Lading Damage Committee»

Dr M.M. Vijay
- Fondateur & Président: «International Society of Water Jet Technology»;
- Fondateur & Rédacteur: «International Journal of Water Jet Technology»;
- Vice-président, «Water Jet Technology Association (USA)»

M. D.H. Willis
- Exécutif, Comité associé d'étude de littoraux (1990); En 1991, réorganisé sous l'Association canadienne pour la science et le génie du littoral.

Dr R.G. Williamson
- Délégué canadien, «International Society for Air Breathing Engines»;
- Coordonnateur canadien, «Field of Propulsion», Conseil consultatif de la recherche aéronautique pour le Commonwealth.

M. J.H.F. Woodrooffe
- Membre, ATC, «Heavy Vehicle Research Coordinating Committee»;
- Membre, Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), «IR2 Scientific Experts Working Group on Highway Suspensions»;
- Membre, OCDE, «IR2 Editorial Subcommittee»

Commission consultative

Membres

M. Brian Sanders*
Vice-président Ingénierie
Pratt & Whitney Canada Inc.

Dr William F. Baird
Président
W.F. Baird and Associates

M. Bryan D. Cook
Directeur général
Énergie, mines et ressources

M. Gaston Hébert
Vice-président
Ingénierie, recherche et développement
Division du Transport en commun

Dr J. William Kamphuis
Professeur
Université Queen's

Dr William L. Macmillan
Directeur
Ministère de la Défense nationale

M. Richard A. Neill
Président et Directeur général
Walbar of Canada

Dr Pierre Roy
Vice-président
Recherche et développement
Centre de recherche industriel du Québec

Dr Martha Salcudean
Professeur et chef
Département de génie mécanique
Université de la Colombie-Britannique

M. A.W. Sinclair
Directeur
Institut canadien de recherches en génie forestier

Dr Frank R. Wilson
Doyen
Université du Nouveau-Brunswick

M. R. Jim Wright
Président et Directeur général
Dimatec Inc.

Ex Officio

M. J. Ploeg
Directeur général
Institut de génie mécanique

M. Bert van den Berg**
Centre de fabrication de pointe

Dr C.N. Baronet
Vice-président, Ingénierie et Technologie

* Président
** Secrétaire

Conseil national de recherches du Canada

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) est le principal organisme de recherche en sciences et en génie du gouvernement du Canada. Doté d'un budget annuel s'élevant à environ 400 millions de dollars en 1990-1991, il compte plus de 3 000 employés répartis dans plusieurs instituts de recherche et oeuvrant au sein de programmes et d'installations couvrant l'ensemble du Canada. Le CNRC accapare environ 10% des dépenses fédérales pour la science et la technologie, et il fournit chaque année à plus de 500 000 Canadiens une aide et des conseils techniques par l'entremise de ses divers services scientifiques et techniques.

Le CNRC répond aux besoins des Canadiens en les aidant à maintenir et à développer la compétitivité et la prospérité du pays par le soutien qu'il apporte:

- aux activités scientifiques et techniques nationales;
- à l'exécution de travaux de recherche et de développement;
- à l'incitation à investir dans la recherche et le développement; et
- à l'acquisition et à l'application d'une expertise et de connaissances vitales.

Il existe un certain nombre de valeurs fondamentales qui caractérisent la nature du CNRC ainsi que les travaux qu'il exécute et qu'il appuie:

- Le CNRC aspire à l'excellence et souscrit aux plus rigoureuses normes d'excellence en ce qui concerne la qualité de son travail;
- le CNRC apprécie ses employés et, tout au long de son histoire, a encouragé avec ardeur l'excellence de ses employés. Ses effectifs comptent parmi les plus qualifiés et les plus expérimentés du Canada;
- le CNRC valorise l'innovation et appuie fortement l'exploitation de nouvelles réalisations susceptibles de contribuer à améliorer le bien-être économique et social, ainsi que la compétivité du pays;
- le CNRC apprécie ses partenaires et ses clients et reconnaît l'importance de ses responsabilités du fait que les Canadiens s'attendent à ce qu'il soit capable d'apporter des solutions à des problèmes qui n'ont pas pu être résolus ailleurs;
- le CNRC est au service du public;
- le CNRC appuie la notion de responsabilité et s'acquitte de son mandat de telle façon que les sommes investies par le Canada dans la science et la technologie assurent un rendement maximal à la nation.

Organigramme du CNRC

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA
Président
Secrétaire général
Services corporatifs
Services administratifs et
de gestion de l'immobilier
Ressources humaines
Finances et services informatiques
Vice-président
Génie et Technologie
– Institut canadien de technologie industrielle
– Institut de recherche aérospatiale
– Institut de technologie de l'information
– Institut de dynamique marine
– Institut de recherche en construction
– Programme d'aide à la recherche industrielle
Vice-président
Sciences
– Institut Herzberg d'astrophysique
– Institut des matériaux industriels
– Institut de chimie de l'environnement
– Institut des sciences des microstructures
– Institut des étalons nationaux de mesures
– Institut Steacie des sciences moléculaires
– Institut canadien de l'information scientifique et technique
– Revues scientifiques du CNRC
Vice-président
Biotechnologie
– Institut de recherche en biotechnologie
– Institut des sciences biologiques
– Institut des biosciences marines
– Institut de biotechnologie des plantes

avril 1991